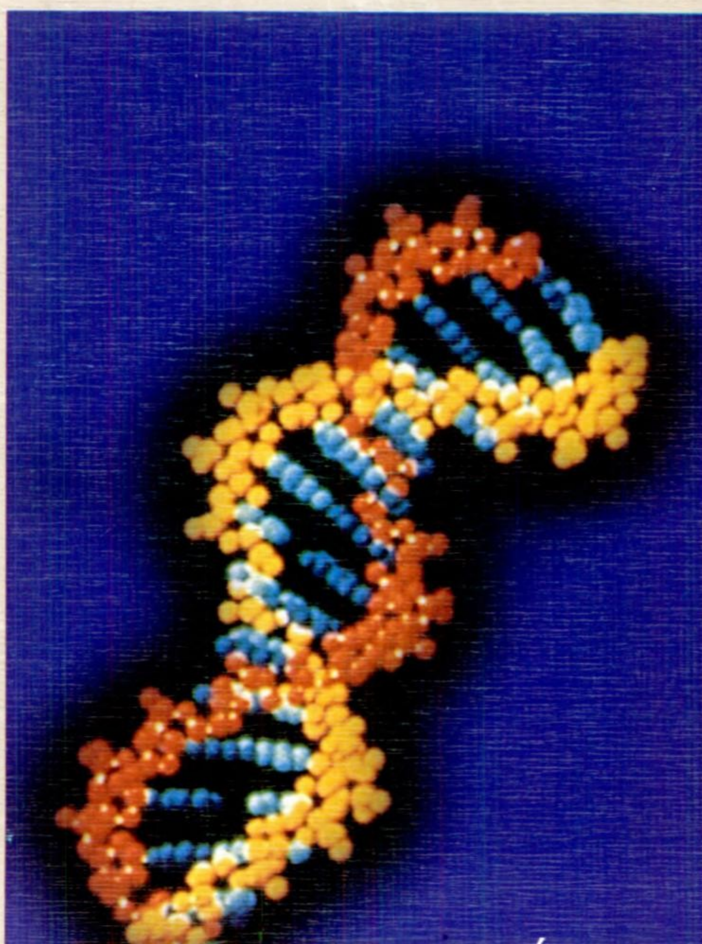
LAMARCK
Y LOS MENSAJEROS
La función de los virus en la Evolución

MÁXIMO SANDÍN



EDICIONES
ISTMO



BIBLIOTECA DE ESTUDIOS CRÍTICOS

MÁXIMO SANDÍN

LAMARCK ȘI MESAGERII SĂI

Rolul virușilor în evoluție

EDITURA ISTHMO
MADRID

MULȚUMIRI

În multe cazuri, atunci când este vorba de un text pe teme științifice, persoanele citate în mulțumiri sunt parțial o resursă a autorului pentru a susține conținutul din punct de vedere științific.

În acest caz, ele nu sunt în parte, ci în totalitate. Recenzia și entuziasmul (în unele cazuri), precum și criticile, corecțiile și discrepanțele (în proporții diferite) persoanelor pe care le voi cita au fost fundamentale pentru decizia de a publica această cărticică ciudată, care a fost concepută inițial ca „un articol divulgativ de aproximativ douăzeci de pagini”, dar care a crescut de la sine.

În primul rând, aș dori să-i adresez cele mai sincere mulțumiri lui Carlos Sentís, un om al Renașterii, deși își câștigă existența ca profesor de genetică umană, pentru (în această ordine) prietenia sa, compania sa în timpul meselor și conversațiilor de după masă, uneori foarte lungi și întotdeauna îmbucurătoare, și pentru contribuția sa - esențială pentru această lucrare - cu cele mai recente date privind „virușii integrați”. De asemenea, lui Miguel Ángel Fernández, chimist fără ocupație, redactor la domiciliu și complice în activitățile menționate anterior.

Victimelor mele, „doctoranzii” Lucía Serrano și Mercedes Salado, le recunosc eforturile depuse pentru descifrarea și dactilografierea manuscrisului incoerent și „traducerile” lor, uneori creative. Și lui Ruth Fraile, retroactiv.

Și, fără ca ordinea menționării să însemne diferite grade de contribuție sau discrepanțe, recunoștința mea față de colegii mei de la Universidad Autónoma de Madrid și de la Consejo Superior de Investigaciones Científicas, fiecare dintre aceștia fiind de un ajutor neprețuit prin comentariile lor ca specialiști și ca cititori răbdători ai textului în ansamblu. Bineînțeles, responsabilitatea pentru ceea ce s-a scris îmi aparține în exclusivitate.

Multe mulțumiri: Elena Escudero, profesor de fiziologie animală, Ildefonso Bonilla, profesor de biologie generală, Juan Carlos Stockert, cercetător CSIC, Alfredo Villasante, colaborator csic, Juan Fernández Samaren, profesor de biologie moleculară, Félix Martínez, botanist și umanist, Ma Antonia Rivas, profesor de botanică, José Luis Viejo, profesor de zoologie, Cristina Bernis, profesor de antropologie, José Luis Sanz, profesor de paleontologie, și José Fernández Piqueras, profesor de genetică.

În cele din urmă, le datorez o mulțumire foarte specială studenților mei, pentru discuțiile stimulante pe care le purtăm la ore, pe coridoare și (doar uneori) la bar. Dar, mai presus de toate, studenților mai -integriști-, pentru că încrederea lor inocentă în textele tipărite este cea care a contribuit cel mai mult la alimentarea îndoielilor mele.

Și lui Mari Val. Ea știe de ce.

PREZENTARE

Cartea prezentată de Dr. Sandín este mai presus de toate un imn al libertății în cea mai bună tradiție a heterodoxiei științifice, care este atât de necesară într-o lume în care capacitatea de a critica paradigmele stabilite devine din ce în ce mai puțin frecventă. Nevoia de îndoială constantă și libertatea de a judeca în fața tezelor general acceptate sunt două dintre cele mai importante obiective în gândirea unui om de știință. După cum subliniază cineva la fel de neîncrezător ca Claude Bernard în lucrarea sa *Introduction á l'étude de la medicine experimentale*. „Oamenii care au o încredere excesivă în teoriile lor sau în ideile lor nu se află numai într-o situație proastă, ci se află într-o poziție proastă pentru a face descoperiri, dar fac și observații foarte proaste; (...) [nu trebuie] niciodată să se facă experimente pentru a confirma idei, ci pur și simplu pentru a le controla". Cuvinte pe care și K. Popper nu ar avea nicio problemă să le subscrie. Lucrarea Dr. Sandín se scufundă în aceste abordări și dezvăluie multe dintre faptele care fac să scârțâie una dintre cele mai complexe teorii biologice, având în vedere că în ea se află toate ideile-cheie ale lumii vii.

Nu este ușor de explicat de ce lumea este așa cum este și relațiile care guvernează interacțiunile dintre ființele vii și dintre ființele vii și mediu. După cum ar spune T. Dobzhansky, citat în această carte: „*Nimic în biologie nu are sens decât în lumina evoluției*". Evident, așa este. Cu toate acestea, scopul său, aspectul său ideologic, dacă nu vrem să folosim cuvinte mari, a fost încă de la început un punct de discuție între marile curente de gândire care încearcă să înțeleagă evoluția, un fapt incontestabil, de pe poziții lamarckiste sau darwiniste. Nefericitul caz Lisenko a curmat nu numai prestigioasa școală rusă de genetică, ci, mai ales, un mod de abordare a problemei care astăzi, în lumina noilor descoperiri din genetica clasică și moleculară, ar putea cunoaște o nouă dezvoltare, așa cum s-a întâmplat cu teza neodarwinistă, singura recunoscută de știința oficială. Acesta este punctul cheie și intenția lăudabilă a acestei cărți, de a oferi o viziune neolamarckiană a evoluției, care, sunt sigur, va produce prin abordarea sa inedită mai mult de o controversă, întotdeauna sănătoasă.

I. Bonilla

PREFAȚĂ

O lucrare este cu adevărat creativă atunci când este capabilă să provoace o polemică largă și viguroasă în jurul ideilor noi pe care le prezintă. După cum cititorul va aprecia mai jos, natura inovatoare a acestui eseu al lui Máximo Sandín înseamnă că cea mai mare valoare a sa este tocmai aceea de a genera discuții sănătoase și posibilitatea unor noi interpretări. Acest lucru este nu numai foarte convenabil, ci și meritoriu, deoarece în lumea gândirii cel mai rău lucru care se poate întâmpla este stagnarea ideilor.

Este posibil ca natura pietrificată a fosilelor - care joacă un rol atât de important în studiul evoluției biologice - să fi provocat de mai multe ori o anumită pietrificare a ideilor în această privință. Dar ipotezele prezentate aici sunt ipoteze foarte interesante care încearcă să înlăture această fostă posibilitate din acest domeniu de cercetare. Căutarea de noi explicații, revizuirea mai independentă a conceptelor și aventurarea în speculații îndrăznețe sunt principalele, dar nu singurele, contribuții la gândirea actuală privind evoluția biologică. Evidențierea legăturii strânse dintre știință și societate, descriind interdependențele și mecanismele acestora, este o altă realizare a acestei lucrări.

În acest sens, este evidențiat rolul pe care angajamentul filosofic trebuie să-l joace în cercetarea științifică, iar aici autorul nu ezită să adopte o poziție clară și definită, foarte apropiată de cea a „cercetătorului romantic” (o specie din păcate aproape dispărută în zilele noastre). Cercetarea a încetat să mai fie un instrument liber al gândirii și a devenit captivă în cele mai adânci rețele ale societății de consum, care investește în ea în esență pentru a produce profit. Această situație, evident foarte caracteristică industriei private și marilor companii multinaționale, a pătruns pe deplin în sfera academică și a relegat cercetarea independentă, care nu este supusă factorilor de putere, într-o poziție secundară, deschisă criticii și „de stins”. Odată cu aceasta, cercetarea științifică pierde referințele etice și filosofice necesare care o configurau ca un instrument creativ foarte avansat al gândirii și al societății.

În acest cadru, misiunea universității (și, în general, a oricărei instituții de cercetare științifică) s-a schimbat, iar în prezent aplicațiile științei sunt căutate mai mult decât progresul științei fundamentale. Iar atunci când acestea din urmă sunt promovate, este de obicei ca un mijloc de a dezvolta în continuare și de a monetiza posibilele aplicații viitoare în beneficiul societății de consum. Acest lucru, care poate părea necesar având în vedere costul ridicat al cercetării, nu ar trebui să legitimeze o situație în care cercetarea este condusă exclusiv de rentabilitate, competitivitatea fiind principalul său motor.

De fapt, astfel de cerințe au încetat să mai fie curente subtile de opinie și sunt în prezent înrădăcinate în mod flagrant în societate. Costurile ridicate, competitivitatea și nevoia de rentabilitate în anumite domenii avansate de cercetare au condus la profeția că cercetarea va fi din ce în ce mai dependentă de industria privată, iar rezultatele sale vor fi publicate mai rar în literatura științifică (G.F. Joyce, „*In vitro evolution of nucleic acids*”, *Current Opinion in Structural Biology* 4, 1994, p. 331). Acest exemplu este un indicator clar al dependenței socio-economice actuale a cercetării și al subordonării sale crescânde față de interesele societății de consum. Autorul descrie situația în mod repetat și convingător.

Din fericire, există încă multe probleme care așteaptă și pot fi clarificate în cadrul academic, chiar dacă și aici prejudecățile și presiunile factorilor culturali și de putere joacă un rol. O astfel de problemă este subiectul principal al acestui eseu. Trebuie să fim de acord cu autorul că există necunoscute în evoluția biologică care nu pot fi clarificate în mod adecvat dintr-o perspectivă neodarwinistă închisă. Polimorfismul genetic, speciația simpatrică, schimbările abrupte din registrul fosilelor, rearanjamentele cromozomiale etc. sunt întrebări care încă nu par să se potrivească bine cu concepția ortodoxă a evoluției. Același lucru este valabil și pentru complexitatea biochimică extraordinară a majorității proceselor biologice, de exemplu, reglarea expresiei genelor, diferențierea celulară și dezvoltarea embrionară.

Explicarea originii și evoluției tuturor acestor procese într-un mod coerent și articulat, avansând către o teorie unificată și mai completă a evoluției biologice nu este o sarcină ușoară. În

orice caz, încercarea de a contribui cu noi explicații la această sarcină necesară este o provocare pe care Máximo Sandín nu a putut să o refuze. Deși, în opinia mea, puțin teleologică, abordarea genetică incitantă pe care o prezintă este foarte atractivă și reprezintă un merit al lucrării sale. Este evident că în domeniul evoluției biologice totul pornește de la originea vieții. Cum a apărut aceasta și ce a determinat-o să ia forma sa biochimică actuală sunt întrebări care sunt încă „în curs de răspuns”. Cu toate acestea, problema este extrem de relevantă pentru orice teorie a evoluției. Deși multe explicații chimice sunt încă oarecum speculative, este de asemenea adevărat că astăzi există mai multe cunoștințe fizico-chimice decât erau disponibile pentru Darwin și Weismann și este de sperat că acestea ne vor apropia de o mai bună înțelegere a originii vieții.

Un argument central al autorului este acela că, pentru a se dezvolta, schimbările majore în organizarea genomului au trebuit să aibă loc simultan în populațiile biologice, iar aceste schimbări ar putea fi explicate prin procese genetice de natură „infecțioasă”. Astfel, autorul propune integrarea genelor virale în patrimoniul genetic al organismelor ca element important în evoluția biologică. Subiectul este cu siguranță de interes, deoarece corespunde existenței „genelor dobândite” și se leagă astfel de transmiterea trăsăturilor dobândite în sensul lamarckian al evoluției.

Cu toate acestea, trebuie luată în considerare influența inevitabilă a modului de gândire uman. Faptul că genele dobândite prin acest mecanism sunt tocmai cele necesare pentru a răspunde și a se adapta mai bine la noile condiții de mediu este fie o explicație teleologică (de asemenea, foarte în conformitate cu gândirea lui Lamarck), fie indică în mod periculos intervenția unor proiecte inteligente în afara procesului evolutiv. În această privință, merită să ne amintim că, de-a lungul istoriei omenirii, factorul supranatural a fost o resursă constantă pentru a „explica” fenomenele care ne sunt prezentate ca fiind unice și irepetabile (de obicei, originea universului, a vieții și a omului). Dată fiind complexitatea lor remarcabilă și trecutul lor îndepărtat, nu este surprinzător faptul că astfel de fenomene fascinante tind să fie considerate de natură supranaturală.

Dar această lucrare nu încearcă să explice evoluția și originea vieții în afara cercetării științifice. Dimpotrivă, autorul insistă asupra faptului că, pentru a cunoaște și a interpreta faptele cu rigoare și seriozitate, este necesar să cultivăm o adevărată „distanță culturală”. Evident, acest exercițiu de obiectivitate implică distanțarea de presiunile socio-economice, precum și de prejudecățile culturale și de credința religioasă. Cu toate acestea, cred că limita ultimă și inexorabilă este cea a antropocentrismului în sens strict, deoarece activitatea noastră mentală și modurile noastre de gândire sunt configurate tocmai „în mod uman”. Prin urmare, orice interpretare umană a realității (oricare ar fi ea) are în mod necesar un caracter antropocentric și nu poate să nu fie astfel.

Toate cele de mai sus sunt, de asemenea, legate de sensul comun al multor termeni utilizați în mod obișnuit în biologie, cum ar fi „complexitate”, „șansă”, „determinare”, „tendință” și așa mai departe. În acest sens, descrierea vieții ca un proces întâmplător și fără direcție este neatractivă pentru gândirea umană, care, datorită capacității sale specifice de a compara, corela și formula judecăți de valoare, este foarte înclinată să caute intenționalitatea fenomenelor și răspunsuri la „de ce” și „pentru ce” lucrurile.

Atunci când „tendința” este intrinsecă sistemului, s-ar putea părea că aceasta nu există și astfel procesele ar fi guvernate de „șansă”. Problema suplimentară este că sensul obișnuit al „tendințelor” nu este adesea propice unei înțelegeri mai profunde a fenomenelor. În domeniul reacțiilor chimice, de exemplu, imaginați-vă moleculele A și B, din care se formează compusul C. Coliziunea aleatorie are loc între milioane de molecule și depinde de energia termică, dar din moment ce interacțiunile reușite dau naștere la C, rezultatul are în cele din urmă o anumită direcție și formarea noului compus nu este întâmplătoare.

Astfel, a considera viața ca fiind rezultatul unor reacții chimice aleatorii ar reprezenta un aspect foarte parțial al problemei. Un observator care privește de pe un turn mișcarea oamenilor în centrul unui oraș mare ar putea concluziona că este aleatorie: un număr mare de oameni merg aparent la întâmplare, dar, deși necunoscut observatorului, fiecare are motive precise care îi explică individual mișcarea. Astfel, în totalitatea sa și ignorând intențiile particulare, sistemul aglomerat pare fără direcție. O considerație de acest gen s-ar putea aplica și în cazul evoluției biologice ca fiind aleatorie și fără tendință aparentă.

Dar, după cum observă autorul, gândirea umană vede în evoluția biologică o tendință spre complexitate, mai caracteristică fenomenelor determinate decât celor întâmplătoare. În cadrul antropocentric inevitabil în care este făcută interpretarea, tendința este identificată cu scopul, necesitând astfel un scop. Atunci când tendința este inerentă procesului (fie că este vorba de evoluție sau de orice alt proces), nu ar fi cazul să ne ocupăm de un scop în sens uman, ci de scopul în sine, independent din punct de vedere logic de scopul pe care observatorul dorește să i-l atribuie. Această tendință intrinsecă emană din a doua lege a termodinamicii și, atunci când se manifestă în timp și prin schimbări geologice și chimice, ea s-ar reflecta în procesele evolutive, dându-le o direcție.

La un anumit grad de organizare, modificările în reglarea expresiei genelor pot avea un impact semnificativ asupra rezultatelor biologice. Potrivit autorului, această posibilitate este legată de procesele macroevolutive. În acest sens, este interesant de observat o anumită paralelă cu apariția și răspândirea ideilor inovatoare în istoria omenirii, în care tiparnița, revoluția industrială, telecomunicațiile și microelectronica au invadat succesiv și rapid aproape toate aspectele unei mari părți a societății.

Nu există oare o similitudine între această explozie tehnologică din ultimele secole și explozia cambriană din timpul evoluției biologice? Imaginați-vă un observator viitor care ar încerca să reconstituie istoria telecomunicațiilor pe baza „înregistrărilor fosile” pe care le lăsăm în urmă: numai în secolul nostru ar găsi elementele corespunzătoare, cum ar fi supapele termoionice, cablurile, antenele, tranzistoarele, circuitele imprimate și așa mai departe. Aș putea specula că „apariția bruscă” a acestei tehnologii (care se întinde pe o perioadă foarte scurtă din istoria omenirii), este rezultatul contribuției științifice a vreunui inventator străin civilizației noastre. Neînțelegerea ar proveni din faptul că nu am considerat ca evolutive atât motivele, cât și posibilitățile concrete necesare pentru ca o astfel de evoluție să aibă loc la un moment istoric dat.

În legătură cu aceasta din urmă, ipoteza unei origini extraterestre a vieții (un răspuns la întrebarea „unde”) nu pare aici o întrebare centrală pentru a explica mai bine evoluția biologică. Originea vieții ca produs al reacțiilor chimice de pe Pământ nu este o idee atât de respingătoare dacă se evită descalificarea acestora drept „spontane” și „aleatorii”, termeni care subliniază caracterul accidental sau misterios al fenomenului. Dimpotrivă, acum pare clar că, date fiind anumite condiții, multe reacții (dacă nu chiar toate) au avut loc în mod necesar; chimia elementelor în cauză (carbon, azot, oxigen) nu numai că le permite, dar le și obligă. Această „necesitate” internă ar fi ceea ce omul interpretează drept finalitate (spre deosebire de întâmplător și fără direcție).

Astfel, și în acord cu autorul, viața ar fi un fenomen inerent universului, o etapă evolutivă inevitabilă în organizarea materiei. Necesitatea existenței vieții în afara Pământului nu înseamnă a admite că bazele sale structurale și funcționale (molecule biologice, forme de viață etc.) sunt unice și exact aceleași. De asemenea, nu înseamnă nici „universalizarea” tipului particular de viață de pe această planetă, bazat pe o anumită biochimie (ADN, ARN, proteine), dar fără a exclude alte posibilități. Dacă viața este inerentă evoluției universului, atunci cea mai bună dovadă a necesității sale este tocmai apariția și dezvoltarea sa izolată, adică independența spațială a existenței sale. În schimb, ipoteza aportului de gene la organismele terestre de către microorganisme exterioare înseamnă că chimia ambelor sisteme genetice trebuie să fie identică. Pe lângă faptul că așa-numitul cod genetic „universal” (o altă generalizare antropocentrică, acum în sens negativ) este într-adevăr unic și comun pentru întregul univers, ar trebui să se admită și faptul că microorganismele mesager sunt purtătoare de informații genetice adecvate, care, odată integrate în gazdele lor, ar servi proceselor de adaptare și speciație tocmai în condițiile în care acestea au loc.

Lăsând la o parte acest tip foarte specific și oarecum fantastic de colonizare genetică, este clar că ideile autorului privind transgeneza infecțioasă ca mecanism de achiziționare rapidă și simultană a noii informații genetice sunt extrem de atractive. Atât la procariote, cât și la eucariote, o serie de elemente genetice mobile (bacteriofagi, virusuri și retrovirusuri, plasmide etc., cu posibilitatea integrării în genomul altor organisme) ar permite modificări mutaționale ale informației genetice, care ar putea fi probabil transmise atât vertical, cât și orizontal. Aceasta ar fi o modalitate rapidă și eficientă de a crește variabilitatea, de a explica apariția unor trăsături noi și

abrupte și de a obține o mai bună adaptare. Anumiți viruși și elemente similare, acționând ca transportatori sau mesageri tereștri ai informației genetice, ar putea avea un impact foarte important asupra proceselor evolutive.

După cum am menționat deja la început, un punct relevant al acestei lucrări este reușita sa de a evidenția dependențele culturale și socio-economice ale cercetării științifice, de care nu scapă nici cele privind evoluția biologică. Într-adevăr, deși un subiect atât de fundamental precum originea și evoluția vieții este de obicei considerat de interes mai degrabă academic și teoretic (și fără prea mare relevanță pentru societatea actuală de producție și consum), atât premisele, cât și interpretările sale sunt încă supuse prejudecăților și presiunilor culturale, precum și influențelor puterii socio-economice. Este incontestabil că, odată cu Darwin și Weismann, multe idei anterioare și colaterale (Wallace, Malthus, Spencer) ale vremii au fost integrate în domeniul biologiei și evoluției. Însă, în prezent, concepția neo-darwinistă a evoluției pare să fi stagnat oarecum în fața progreselor remarcabile din biochimie și genetică moleculară. Această contribuție continuă a noilor cunoștințe este importantă, dar nu suficientă pentru a înțelege totalitatea evoluției biologice. În cuvintele autorului, este mai ușor să extindem cunoștințele decât să schimbăm modul în care le analizăm. Se poate adăuga că este și mai dificil să le integrăm pentru a completa, modifica sau chiar înlocui interpretările anterioare, bine stabilite.

Cred că, prin lucrarea sa, Máximo Sandín ne invită să revizuim conceptele stabilite și să decontaminăm multe concluzii din idei preconcepute. Acest eseu exemplifică și subliniază mai multe aspecte ale evoluției care ne încurajează să luăm atitudine, nu doar față de unele ipoteze în special, ci față de cercetare în general. Și, mai ales, în ceea ce privește relația sa cu filosofia științei, atât de uitată, dar atât de necesară pentru a situa și înțelege cercetarea în contextul cel mai liber și mai eliberator posibil al gândirii umane.

Cantoblanco, iunie 1995.
Juan Carlos Stockert

I

TENDINȚE ÎN ȘTIINȚĂ

Teoria evoluției este, înainte de toate, o încercare din partea omului de a-și explica locul în natură și, prin urmare, sensul său.

Acesta este, în esență, scopul tuturor ramurilor cunoașterii, înțeleasă ca o căutare a Cunoașterii. Atunci când astronomul cercetează spațiul, ceea ce caută de fapt este să își localizeze propriul loc în imensitate. Și acesta este scopul filosofului, chimistului, fizicianului... Marele Erwin Schrodinger a scris: „*Cine suntem noi? Răspunsul la această întrebare nu este doar una dintre sarcinile științei, ci sarcina ei*”. Și, după toate probabilitățile, aceasta a fost marea întrebare încă de când omul a fost om și a avut certitudinea diferenței sale fundamentale față de restul ființelor vii: conștiința de sine.

Nevoia de răspuns s-a manifestat în toate culturile sub formă de mituri, legende sau religii, ca explicații ale lumii și, mai ales, ale originilor sale. Dar aceste explicații au fost întotdeauna elaborate în funcție de percepția proprie a fiecărei culturi asupra lumii și cu o relație incontestabilă cu circumstanțele de mediu în care s-au dezvoltat, fie în ceea ce privește stilul de viață (vânători-culegători, agricultură, urban), fie mediul fizic (zone aride, polare, tropicale). Toate aceste caracteristici sunt reflectate în mesajul moral care însoțește întotdeauna poveștile lor.

Știința noastră (modul actual de a răspunde la „întrebare”), a fost construită pe o cultură care credea că Universul a fost făcut pentru noi. Că noi eram centrul. Și, deși revoluția raționalistă a secolului al XIX-lea a „dezbrăcat” Universul de misterele sale transformându-l într-o mașină impersonală, cunoștințele, dobândite prin metoda științifică infailibilă a observației și inducției, nu au făcut decât să afirme schemele anterioare: noi suntem punctul culminant al Naturii ca rezultat al Evoluției biologice. Această idee a omului deasupra tuturor celorlalte ființe vii este practic o constantă în toate culturile, cu nuanțe mai mult sau mai puțin semnificative. Cu toate acestea, mesajul moral al acestei explicații variază în funcție de drumul parcurs de om până la culme.

Pentru Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), care a fost primul care a elaborat o teorie completă a evoluției speciilor, această evoluție, care leagă omul de toate ființele vii existente anterior, ar fi înzestrată cu un scop, deoarece organismele prezintă tendințe de schimbare progresivă spre o mai mare complexitate, conducând la organisme superioare și, în cele din urmă, la om ca punct culminant al procesului. Pentru el, aceste schimbări derivau din „efortul” animalelor de a se adapta la mediul lor, adică condițiile de mediu conduceau evoluția.

Din păcate, contextul social din jurul lui Lamarck nu a fost propice unei acceptări largi a teoriei sale. La începutul secolului al XIX-lea, Științele Naturii erau conduse în Franța de Georges Cuvier, care elaborase, pe baza unui volum uriaș de date minuțioase, teoria sa a cataclismelor și a creațiilor succesive pentru a explica schimbările observate în faunele fosile. Lamarck, bătrân și singur, a fost învins științific de un Cuvier tânăr și strălucit, profesor de istorie naturală și anatomie comparată și secretar al Academiei de Științe din Paris.

Marele avantaj al lui Darwin, care i-a adus paternitatea istorică a teoriei evoluției, a fost, fără îndoială, predispoziția favorabilă a societății anglo-saxone, care, după șocul inițial produs de înrudirea noastră cu maimuțele, a fost foarte sedusă atât de mecanismul de explicare a evoluției, cât și de conținutul filosofic al operei sale. Atât A.R. Wallace (care, de asemenea, l-a precedat pe Darwin în elaborarea teoriei evoluționiste), cât și Darwin însuși și-au inspirat lucrările din conceptele economice ale lui Malthus privind concurența. Chiar și expresia „supraviețuirea celui mai puternic” a fost o creație a filosofului și economistului H. Spencer. Toate acestea, într-o perioadă de maximă expansiune colonială europeană, au creat atât o justificare „științifică” a situației, cât și un alibi moral ușor de acceptat pentru societatea lor.

Desigur, această explicație nu este singura. Din punct de vedere științific, conceptul de selecție naturală este unul foarte solid - atât în ceea ce privește verificabilitatea sa experimentală, cât

și puterea sa explicativă - dar întotdeauna într-un context social specific; adică, o idee este mai ușor de acceptat dacă cineva este predispus cultural să o creadă.

Un exemplu paradigmatic al acestui fenomen a fost oferit în anii 1940 de geneticianul sovietic Lisenko, care, condiționat de ideologia potențialului omului de a schimba lumea, a devenit obsedat de cel mai slab concept al teoriei lamarckiene: transmiterea genetică a caracterelor dobândite (admisă de Darwin, de altfel), ceea ce a dus la un eșec răsunător (și celebru) care a sunat clopotul de moarte al lamarckismului pentru știința ortodoxă. Dar distrugerea empirică a ideii lamarckiene de transmitere genetică a avut loc foarte devreme. La sfârșitul secolului al XIX-lea, biologul german A. Weismann, inițiatorul teoriei „neo-darwiniste", a demonstrat falsitatea moștenirii trăsăturilor dobândite tăind coada mai multor generații de șoareci și demonstrând că descendenții lor se nasc cu coadă.

Cu toate acestea, abordările darwiniste pot fi analizate și în raport cu valorile culturale sau ideologice. Cea mai profundă diferență conceptuală și cea cu cel mai mare conținut ideologic (sau filosofic) este opoziția dintre ideea lamarckiană a unei direcții, a unei finalități în evoluție, față de paradigma neo-darwinistă dominantă în biologia actuală, a schimbării aleatorii, fără sens sau direcție. Această credință, care se scutură într-o atitudine de falsă modestie, atribuind omului un sens al hazardului și nu neapărat „mai bun" decât orice alt organism, ascunde, în realitate, o aroganță exacerbată. Universul este astfel o mașină pe care o putem cunoaște și manevra. Acest lucru transformă știința într-o entitate omnipotentă (noul mit modern) care va permite, mai devreme sau mai târziu, să cunoască și să manipuleze totul, chiar viața însăși.

Întrucât nu există Scop, nu există nici un conținut etic sau moral în căutarea cunoașterii. Acest lucru conduce la atitudinea cinică a multor oameni de știință „aseptici", pentru care progresul în cunoaștere este o căutare obiectivă lipsită de valori filosofice. Pur și simplu, ceea ce poate fi făcut, trebuie făcut. Dar chiar dacă ei înșiși nu cred sau nu vor să creadă acest lucru, atitudinea lor are un conținut filosofic și un precedent: „căutarea cunoașterii cu orice preț" a lui Niestzche. Nu pare necesar să reamintim care a fost aplicarea practică a acestui principiu.

Cu siguranță, diferitele perspective sau teorii științifice nu numai că conțin valori diferite, dar, așa cum scria J. Monod în *Chance and Necessity*, ele sunt dependente de valori. În anumite cazuri, cum ar fi al meu, ele ne conduc la o concluzie care poate fi greu de acceptat pentru o mentalitate științifică „aseptică", dar poate mai ușor de înțeles pentru membrii altor discipline mai puțin empiriste: există concepte științifice care nu pot fi acceptate chiar dacă par adevărate la momentul respectiv. Este o eroare să încerci să disociezi principiile filosofice sau științifice de principiile morale sau sociale, deoarece o anumită știință este rodul unei anumite societăți. Dacă cineva este convins că competiția este o sursă de progres social, este mai ușor să creadă în competiție ca un creator de schimbare evolutivă.

Uneori, distanța în judecată aduce mai multă claritate. Respingerea darwinismului și susținerea lamarckismului de către gânditori precum fizicianul Arthur Kostier, psihologul Jean Piaget, scriitorul G. Bernard Shaw sau filozoful Henri Bergson depind probabil mai mult de o atitudine filozofică sau morală bazată pe valorile implicate de aceste teorii (competiție versus coexistență) decât de cunoștințele lor de genetică.

Dar și biologi de prestigiu, precum Waddington sau M.F. Burnet, au fost susținători, din punct de vedere strict științific, ai ideii lamarckiene de evoluție. În prezent, unii biologi par să aibă din ce în ce mai mult sentimentul că nu numai că este posibil să se accepte ideile unei tendințe evolutive spre complexitate și că complexitatea este, cel puțin parțial, un răspuns la stimulii de mediu, dar că transmiterea genetică a trăsăturilor dobândite este mult mai mult decât probabilă.

Cu toate acestea, nu înlocuirea, ci doar punerea sub semnul întrebării a paradigmei vieții ca fenomen aleatoriu și nedirecționat și a evoluției ca rezultat al concurenței întâmpină o rezistență dură, deoarece înseamnă destabilizarea schemelor științifice „ortodoxe" care sunt, în realitate, rezultatul schemelor socio-economice predominante.

Un exemplu: dacă ținem cont de faptul că modelul socio-economic care domină lumea conduce inevitabil la catastrofă - întrucât într-un sistem care constă într-o concurență extremă nu toată lumea poate câștiga (iar victoria va fi cel mai pur și definitiv exemplu de victorie la Pyrrhus) -

nu este ciudat că cifre echivalente cu bugetul anual al unei ţări din lumea a treia sunt investite în cercetarea, de exemplu, a unei boli genetice care afectează unul din 2 000 de indivizi, uneori peste 65 de ani, în ţările dezvoltate.

Aceasta deoarece, în realitate, nu se caută Cunoașterea, ci cunoașterea care, în cadrul schemei concurențiale, este rentabilă din punct de vedere economic sau care conferă putere (asupra vieții, asupra minților) celor care o obțin (a se observa randamentul pe care, sub aceste aspecte, îl produce cercetarea privind manipularea, în sensul cel mai larg, a genomului uman).) Acesta este motivul pentru care evităm să intrăm în evaluări etice sau morale ale științei. A ști cum pot fi manipulate procesele biologice sau a cunoaște mecanismele fizice sau chimice este suficient, adică știința a devenit tehnologie.

În cadrul acestui sistem, oamenii de știință și-au pierdut o mare parte din capacitatea de a-și exprima ideile într-un mod personal, creativ și liber. Valoarea contribuțiilor lor este judecată în funcție de rentabilitatea lor și este recompensată sau sancționată sub formă de acceptare sau respingere, nu numai prin difuzarea rezultatelor lor (evaluate prin „indicele de impact”), ci și prin susținerea cercetărilor lor de către puternice agenții de finanțare private și organizații farmaceutice sau militare.

Acest lucru a făcut ca anumiți oameni de știință să intre în jocul comercial, uneori până la extreme jenante (atunci când este vorba de probleme de sănătate și de supraviețuire), expuse sub o aură de binefăcători ai umanității. Dar, mai general, această mentalitate a transformat munca științifică din muncă creativă și independentă în muncă de salariat în căutarea unor condiții de muncă favorabile, a unui salariu sigur și a acceptării sociale.

Ca și cum acest lucru nu ar fi fost suficient, pentru a evita abaterile, evaluarea *inter pares* de către colegi consacrați, într-un joc al schimbului de privilegii, asigură că difuzarea lucrărilor este limitată la ceea ce se încadrează în criteriile ortodoxe și convenționale.

În acest sens, nu este surprinzător faptul că predarea științelor vizează crearea de specialiști cât mai puțin „contaminați” de concepte filosofice sau umaniste (discipline care, se pare, sunt în opoziție deschisă), astfel încât să se planifice formarea în funcție de nevoile sau criteriile (economice) ale societății. În special, în domeniul biologiei, lipsa de interes - și, prin urmare, de sprijin - pentru predarea conceptelor evoluționiste în diferitele ramuri ale acestei discipline ar putea fi surprinzătoare pentru cei care nu sunt conștienți de această degradare a esenței sale ca știință. Dar, într-un fel, este de înțeles într-un context în care Universitatea a trecut de la funcția sa teoretică de impuls și creație pentru progresul societății la cea de fabrică de angajați profitabili. Altfel spus, misiunea sa a încetat să mai fie aceea de a fi în fruntea societății în căutarea cunoașterii și, din acest motiv, nu mai este interesată de progresul în așa-numitele „științe fundamentale”, ci în cele „aplicate”.

Și totuși, după cum sugerează și numele lor, științele fundamentale sunt cele care dau sau iau baza și sensul tuturor celorlalte. Marele genetician T. Dobzhansky spunea: „Nimic nu are sens în biologie decât în lumina evoluției”. Această afirmație poate fi completată cu următoarea maximă: *Nimic nu are sens în evoluție dacă nu este în lumina originii*.

Căutarea originii vieții pe Pământ este întrebarea-cheie a acestui text, deoarece de răspunsul său depinde nu numai înțelegerea evoluției biologice, ci și speranța în destinul omului (dacă suntem un fenomen fortuit, nu mai avem ce spera). Dar această căutare trebuie întreprinsă cu o voință reală de a cunoaște, nu de a domina. Nu pe baza ideii că lumea și viața sunt o mașină care poate fi reparată și controlată (capacitatea noastră de control este în prezent foarte mult pusă sub semnul întrebării din cauza situației planetei). Acest lucru necesită o schimbare în orientarea științei actuale, care trebuie să implice în mod necesar o reînnoire a fundamentelor economice și sociale care o ghidează.

Pe scurt, este necesar să înfruntăm această sarcină cu o minte liberă și deschisă față de mister. Acesta poate fi singurul mod posibil de a încerca să ajungem la cunoaștere, dar, mai presus de toate, acesta este modul de a ne găsi locul și sensul.

II

DECLINUL TEORIEI SINTETICE

Teoria evoluției pare să fie într-un punct mort. Pe măsură ce se fac noi descoperiri, apar tot mai multe mistere, lacune și excepții, care zdruncină bazele fundamentale ale teoriei sintetice neodarwiniene, acceptate în prezent de majoritatea comunității științifice.

Evoluția prin selecție naturală, care părea atât de evidentă atunci când mecanismele genetice ale variației biologice erau necunoscute, și chiar mai evidentă atunci când aceste mecanisme erau slab înțelese, este puternic slăbită de descoperirile geneticii moderne. Interacțiunile complexe dintre gene ca sisteme suprapuse, stabilitatea anumitor procese complexe ca sisteme închise, polimorfismele genetice, genele „mobile” sau *transpozonii*, schimburile de informații între grupuri de gene, proteinele care reglează expresia genelor etc., fac din ce în ce mai improbabilă afirmația generală a teoriei sintetice, conform căreia „evoluția speciilor este o schimbare treptată care poate fi explicată prin apariția unor mici mutații aleatorii, care sunt canalizate de selecția naturală”. Și, mai ales, este și mai dificilă extrapolarea acestei afirmații la macroevoluție (marile schimbări organizatorice care au avut loc la ființele vii de-a lungul istoriei lor), care ar putea fi explicată, potrivit acesteia, prin „acumularea acestor mici modificări”.

Dar faptele sunt dure: complexitatea extremă a mecanismelor de exprimare a genelor, diferențele de organizare între diferite grupuri apropiate filogenetic și discontinuitățile din registrul fosilelor refuză să susțină ambele postulate. Cu toate acestea, conștientizarea acestor fapte a condus la dezvoltarea diferitelor modele evolutive „suplimentare” bazate, uneori, pe ipoteze slab adaptate la realitatea observabilă, în încercarea de a adapta datele existente la conceptul, atât de drag culturii noastre, de selecție naturală ca motor al schimbării și evoluției.

Originea acestei atitudini „neștiințifice” se află în barierele conceptuale pe care paradigma dominantă (un anumit mod de a percepe și de a concepe lumea) le pune gândirii științifice, care este obligată, mai mult sau mai puțin conștient, să își asume anumite prejudecăți și preconcepții apărute într-un context cultural (școala raționalistă a secolului al XIX-lea, fără îndoială foarte fecundă din punct de vedere intelectual) în care viziunea științifică asupra lumii era puternic condiționată de o mentalitate a încrederii nelimitate în metodă și a cunoașterii științifice limitate. Aparent, este mai ușor să extinzi cunoștințele decât să schimbi modul în care acestea sunt analizate.

Dilema geneticii populațiilor

Unul dintre cele mai grăitoare exemple ale aplicării paradigmei raționaliste la natură, la concepția naturii ca sistem mecanic, inteligibil, este crearea, la începutul secolului, a Geneticii populațiilor, care a devenit baza empirică a *Teoriei sintetice a evoluției*. Satisfacția intelectuală de a putea descrie, înțelege și prezice variabilitatea biologică prin intermediul calculelor matematice a făcut ca modelele propuse de matematicienii Fisher și Wright în anii 1920 și de biologii Haldane și Chetverikov în anii 1930 să fie acceptate pe scară largă de geneticieni precum Mayr și Dobzhansky.

Calculele, bazate pe o concepție strict mendeliană a transmiterii trăsăturilor, au tradus principiile darwiniene într-un limbaj nou: adaptarea constă în expansiunea progresivă a alelelor cele mai potrivite în cadrul populației.

Astfel, un mic avantaj asociat unei alele o face să triumfe asupra genelor concurente până când aceasta devine majoritară în populație. Acumularea acestor mici schimbări pe o perioadă foarte lungă de timp ar explica toată variabilitatea care există de-a lungul evoluției biologice.

Cu toate acestea, chiar admițând această concepție simplificată, apar conflicte între biologie și matematică (sau între matematică și natură). În 1957, geneticianul britanic J.B.S. Haldane, unul dintre pionierii dezvoltării modelelor matematice pentru a explica modificările frecvențelor genelor, a ajuns la concluzia că înlocuirea unor alele cu altele în cadrul acestor modele ar duce la o scădere a

dimensiunii efective a populației care, prin procesul de selecție naturală, ar conduce la dispariția speciei.

Transformarea unei specii în alta, care ar fi pasul minim în încercarea de extrapolare a proceselor microevolutive (adică adaptarea progresivă a speciilor la mediul lor) la macroevoluție (înțeleasă ca schimbările majore de organizare care au avut loc între diferite grupuri de organisme), ar fi, pe baza acestor criterii, extrem de improbabilă. Numărul de gene înlocuite ar trebui să fie de cel puțin o duzină sau mai mult în fiecare caz, ceea ce ar face procesul și mai dificil. Acesta ar trebui fie să fie extrem de lent, fie să aibă loc la o specie cu o rată de reproducere enormă. Deoarece în majoritatea cazurilor niciuna dintre aceste condiții nu pare să fie îndeplinită în natură, concluzia este evidentă: speciația nu poate fi explicată prin aceste modele.

Dar acesta este doar începutul. În anii 1960, R.C. Lewontin, un discipol al lui Dobzhansky, și J.L. Hubby au obținut primele indicii ale marii eterogenități genetice a populațiilor naturale. Acum s-a calculat că gradul mediu de heterocizie la nevertebrate este de 13%, la plante de 17% și la vertebrate de 6%, ceea ce nu poate fi explicat ca o consecință a selecției naturale. În anii 1970, a apărut o problemă suplimentară, și anume polimorfismele: un număr considerabil de gene au nu numai două alele, ci mai multe, chiar zeci.

În cele din urmă, progresele înregistrate în genetica moleculară începând cu anii 1980 au scos la iveală atât de multe sisteme complicate de control al expresiei genelor, încât nu mai este posibil să se reflecte realitatea cu ajutorul modelelor matematice bazate inițial pe ipotezele prea simpliste „o genă, o trăsătură” sau chiar pe ipotezele mai recente „o genă, o polipeptidă”.

Deși încercările recente de a atribui selecției naturale rolul predominant în evoluție au mers atât de departe încât au fracționat mediul până la extreme care conduc aproape la crearea unei nișe ecologice pentru fiecare alelă, modelele matematice ale geneticii populațiilor nu pot fi considerate în prezent ca o metodă de explicare a evoluției speciilor.

Speciația: o problemă dificilă pentru teoria sintetică

Și totuși, selecția naturală este un fapt dovedit. Observațiile lui Darwin și Wallace aveau o bază reală. Problema actuală este că noile cunoștințe au retrogradat-o de la un rol principal în evoluție la unul secundar.

Așa-numitele procese microevolutive, pe care teoria sintetică le consideră baza pe care se construiește evoluția, constau în mutație ca sursă de variabilitate, selecție naturală ca mecanism de canalizare a acestei variabilități și evenimente aleatorii care pot modifica mai mult sau mai puțin brusc frecvențele genelor din populație, cunoscute sub numele de derivă genetică. Acestea pot apărea din diferite motive: izolarea geografică și, prin urmare, reproductivă a unui grup de populație care nu este reprezentativ din punct de vedere genetic pentru întreg, dispariția unei părți a populației ca urmare a unui eveniment catastrofal sau pierderea aleatorie a unei sute de alele în cazul unor populații mici izolate.

Etapa de nivel minim pe care teoria sintetică o cere pentru a iniția treptat macroevoluția, speciația, poate fi realizată prin unul dintre aceste mecanisme, atâta timp cât acestea implică izolarea fizică pentru reproducere: așa-numita *speciație alopatrică*. Exemple ale acestui fenomen pot fi observate astăzi la diverse specii biologice (elefanți indieni și africani, rinoceri etc.). Cu toate acestea, un alt tip de speciație care a avut loc în mod evident nu poate fi explicat: speciația simpatrică, adică formarea de noi specii în cadrul arealului lor. Acest fapt, observat de Darwin la cintezele din insulele Galapagos și care, în mod evident, trebuie să se fi produs cu mare frecvență la pești, păsări și mamifere, a fost acceptat ca fiind cel mai comun până când genetica populațiilor a demonstrat că este practic imposibil. Într-adevăr, în conformitate cu modelul bazat pe modificările frecvențelor genelor care ar produce o divergență treptată, mobilitatea speciilor în zona de dispersie produce un amestec permanent în rândul populației și, chiar dacă specia respectivă are acces la diferite nișe ecologice (fie că este vorba de diferite tipuri de hrană sau de diferite condiții fizice), ceea ce se poate produce sunt diferite varietăți ecologice (rase), dar acestea rămân încrucișate deoarece fluxul genetic între ele se menține.

Singura posibilitate de *speciare* ar fi dacă ar exista o izolare reproductivă „activă” din partea indivizilor, adică o selecție limitată și voluntară a partenerilor sexuali dintre cei care împart o anumită nișă. Aceasta implică un rol determinist în condițiile ecologice și o atitudine „voluntară” în speciație, ceea ce se traduce printr-un proces finalist și, ceea ce este „mai rău”, lamarckian.

În orice caz, abundența speciilor polimorfe în natură nu sprijină prea mult acest model gradual de speciație. Cu toate acestea, este clar că speciația simpatrică a avut loc de nenumărate ori. Acest lucru sugerează că existența sa nu poate fi explicată prin modelul teoriei sintetice.

Rearanjări cromozomiale

Deși s-au făcut încercări de a reface ipoteze complexe, cum ar fi „Modelul Speciației Allopatrice Întărite”, pentru a încerca să explice procesul în cadrul teoriei ortodoxe, datele actuale încă nu corespund matematicii.

Singura explicație posibilă este o schimbare bruscă în fondul genetic care izolează reproductiv un grup de populație. O „revoluție genetică”, cum a numit-o Ernst Mayr, care, după cum a recunoscut el însuși în 1978, nu se încadrează în capacitatea explicativă a geneticii populațiilor.

În cariotipurile anumitor specii este posibil să se observe mecanisme capabile să justifice existența acestor schimbări bruște. Anumite specii de paraziți, specii de lăcuste și specii de plante ar fi trei cazuri ilustrative în care a fost dovedită speciația bruscă simpatrică.

La originea acestora se află rearanjamente cromozomiale care pot conduce la fenomene care variază de la poliploidizare (multiplicarea bruscă a dotării cromozomiale, frecventă la plante) la reorganizări cromozomiale precum fuziuni, inversiuni sau translocații. De fapt, fenomenele de acest tip par să fie evidente în descendența umană: pongidele (cimpanzeul, urangutanul și gorila) prezintă rearanjări identificabile în raport cu omul. Cariotipul cimpanzeului diferă de cariotipul uman printr-o fuziune centrică și șapte inversiuni. Subspeciile Bornean și Sumatran de urangutan diferă printr-o inversiune pericentrică a perechii trei....

Fără îndoială, aceste date susțin existența, în anumite cazuri, a unor procese de speciație prin salturi bruște. Dar mecanismul lor suferă de o problemă comparabilă cu dilema lui Haldane, dar mai accentuată: dacă rearanjarea cromozomială inițială apare o singură dată la un individ, împerecherea acestuia cu indivizi care nu prezintă rearanjarea poate avea, în majoritatea cazurilor, probleme grave de compatibilitate cromozomială și, prin urmare, duce la sterilitate. În ciuda utilizării unor factori complementari, cum ar fi posibila creștere a producției de descendenți de către heterozigoți (în cazul în care este posibilă împerecherea cromozomială) sau susținerea aleatorie a proceselor de derivă genetică, fixarea acestor rearanjamente în populațiile de animale pare foarte dificilă pe baza presupunerii ortodoxe că acestea apar o singură dată la un singur individ.

Adevărul este însă că ele există și încă abundă, probabil mai mult decât se știe. Chiar și geneticieni precum Lejeune și de Grouchy au susținut că evoluția speciilor trebuie să se fi produs „în principal prin rearanjări cromozomiale”. Atunci, cum au putut aceste rearanjamente să apară și să se fixeze în populații? Vom reveni asupra acestui aspect mai târziu.

Microevoluția și macroevoluția: două aspecte ale aceluiași proces?

Se poate spune, așadar, că speciația, pasul inițial pe care teoria sintetică îl presupune pentru extrapolarea proceselor microevolutive la macroevoluție, este departe de a fi suficient explicată în cadrul schemelor ortodoxe: modelul *alopatriei*, divergența genetică treptată după o separare geografică totală, este un eveniment dificil și minor în istoria biologică. Modelul speciației bruște, care explică diversificarea *simpatrică*, are probleme serioase în explicarea tuturor cazurilor rămase.

Dar chiar dacă ar fi posibil să se explice speciația între cele două modele, cum poate fi extrapolat fenomenul pentru a explica schimbările majore în organizarea morfologică, genetică și fiziologică care au avut loc de-a lungul macroevoluției?

Într-adevăr, speciația implică doar izolarea reproductivă. Modificările organizatorice între speciile înrudite sunt minime. O pisică este o pisică, indiferent de mărimea sa sau de variațiile morfologice. Același lucru este valabil și pentru pești, păsări, reptile.... Cu alte cuvinte, o organizare generală absolut omogenă cu nuanțe circumstanțiale care (de data aceasta) pot fi explicate ca adaptări la diferite moduri de viață.

Traducerea acestor fapte în termeni genetici a fost demult expusă: în 1975, H.L. Carson a publicat un articol în care distingea două sisteme genetice care acționează în organisme: „Unul, deschis, modificabil de Selecția naturală prin substituirea alelelor. Celălalt, închis, determină caracteristicile permanente de dezvoltare, fiziologice sau comportamentale ale speciei”. Acesta din urmă ar fi insensibil la selecția naturală și extrem de conservator. Această observație acută poate fi explicată astăzi prin existența a cel puțin două tipuri sau categorii de gene în funcție de acțiunea lor: așa-numitele gene structurale, pentru a spune simplu și generic, controlează modelul general al organismului, adică formarea țesuturilor și a organelor și funcționarea lor. Genele reglatoare modulează expresia genelor structurale prin diverse mijloace, enzimatice, hormonale ș.a.m.d.[1].

În mod evident, o mutație într-o genă de primul tip este foarte probabil să fie catastrofală pentru organism, deoarece ar modifica un sistem foarte complex și puternic interconectat (nu este necesar să se reamintească aspectele teratogene neplăcute ale acestui tip de mutație).

În schimb, o modificare a unei gene reglatoare, deși are adesea efecte nocive, are mai multe șanse de a fi asimilată de organism în timp ce rămâne viabil, chiar dacă morfologia se modifică. De exemplu: la naștere, pongidele au un craniu rotunjit, cu gaura occipitală poziționată central la bază. Pe măsură ce cresc, partea din față a craniului se dezvoltă mai rapid decât cea din spate, astfel încât la adult orificiul occipital se află într-o poziție întârziată, în timp ce la om cele două zone cresc într-un ritm similar, cu aceeași poziție pentru foramen magnum. Același lucru este valabil și pentru proporțiile corpului sau pentru foliculii de păr. Cu toate acestea, organizarea generală este în esență aceeași (fig. 1).

Această dihotomie aparentă a genelor se traduce printr-un fenomen cunoscut de paleontologi din cele mai vechi timpuri, începând cu G. Cuvier în secolul al XVIII-lea. Diferite tipuri de organizare morfologică au apărut brusc în straturile geologice succesive și au persistat neschimbate (sau cu puține schimbări) pentru perioade lungi de timp, pentru a fi apoi înlocuite de alte tipuri. De fapt, fauna este la originea denumirilor unor perioade.

Aceste dovezi au condus recent la dezvoltarea unui model evolutiv numit „*Evolution by Intermittent Equilibria*”, dezvoltat de S.J. Gould și N. Elredge, paleontologi cu experiență în evoluția nevertebratelor.

Conform acestei teorii, fiecare specie nouă apare brusc în seria fosilelor și persistă neschimbată pentru perioade lungi de timp (5 până la 10 milioane de ani sau mai mult). Ea este apoi înlocuită de o alta. Deoarece acest model evidențiază un fapt stabilit, ne-am aștepta ca el să propună o nouă ipoteză pentru a explica un fapt atât de fundamental precum speciația. Ei bine, singura explicație pentru aceste schimbări abrupte în registrul fosilelor pe care o găsește această teorie este înlocuirea speciei anterioare cu o altă specie sau cu altele care au obținut adaptări particulare la alte medii similare. Problema este de a explica modul în care migranții au realizat speciația: treptat?

Dilema acestui impas în explicarea evidentului (salturile reale între diferite niveluri de organizare) este obstacolul pe care paradigma dominantă în cultura noastră îl impune membrilor săi. Oamenii de știință, ca parte integrantă a acestei culturi (și nu chiar marginali în prezent) nu pot sau nu știu cum să scape de schemele mentale dominante.

---

1 În realitate, mecanismul este mai complex. F.1 Controlul genetic al acestor procese necesită o serie de semnale de la diferite gene care par să controleze diferite etape la diferite niveluri: există gene „activatoare” care acționează asupra genelor „selectoare” (reglatoare), care controlează genele „creatoare” (structurale), care definesc proprietățile morfogenetice celulare care determină țesutul sau organul pe care îl produc. Cu toate acestea, păstrăm terminologia deoarece este mai expresivă.

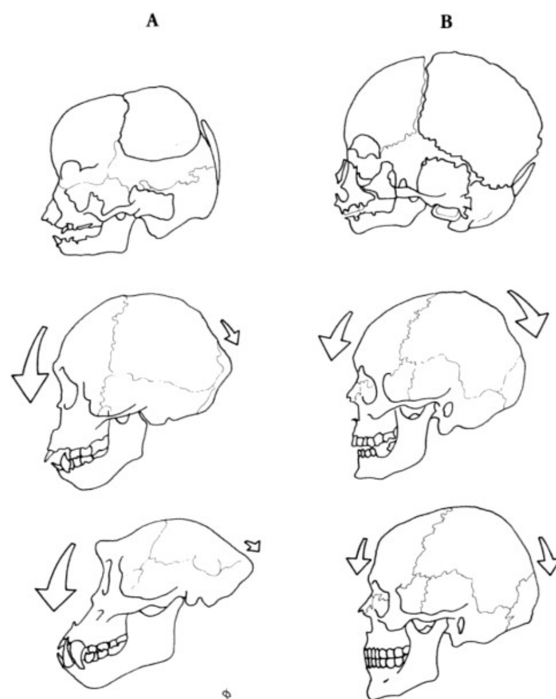


Figura 1.- Craniul cimpanzeului (A) și craniul uman (B) au proporții și structuri foarte asemănătoare la nou-născuți. Vitezele diferite de dezvoltare a neurocraniului și a scheletului facial fac ca rezultatul la adulți să fie că, în timp ce la om proporțiile se mențin cu caracteristici juvenile (cunoscut sub numele de neotenie), la cimpanzei schimbarea morfologică accentuează dimensiunile faciale față de cele craniene.

Ca exemplu extrem al modului în care un anumit model de gândire (în acest caz deformarea mentală) este proiectat asupra interpretării fenomenelor biologice, este suficient să menționăm teoria extrem de mecanicistă și reducționistă elaborată de R. Dawkins sub titlul „*The Selfish Gene*”. Conform acestei teorii, unitatea de evoluție este gena individuală sau segmentul de ADN, care ar fi aproape eternă în obținerea „supremației” în cadrul populațiilor. Organismele ar fi doar vehiculul, mașina de supraviețuire a genelor, iar tot comportamentul animalelor ar fi condus de următorul principiu: „Orice mașină de supraviețuire este pentru o altă mașină de supraviețuire un obstacol de depășit sau o sursă de exploatat”. Deși au existat încercări de a asocia aceste abordări sociobiologice cu principii ideologice radicale, este clar că ele reprezintă esența ideii care conduce sistemul economic și social care s-a impus în lumea de astăzi, dacă îl dezbrăcăm de eufemisme precum „competitivitate”, „inițiativă privată” sau „piață liberă”.

Dar, pentru a reveni la concluziile „echilibrului intermitent”, determinanții culturali sunt de altă natură sau, cel puțin, de altă semnificație. Limitarea lor în explicarea faptelor derivă din principiile cele mai acceptate ale gândirii științifice actuale: procesele biologice trebuie explicate conform unei metode raționaliste bazate pe cunoștințele noastre că viața a fost produsă aleatoriu pe planeta noastră și că evoluția biologică a avut loc prin mutații ale materialului ereditar, de asemenea produse aleatoriu. Pe baza acestor principii, ceea ce nu poate fi explicat nu există.

Moștenirea caracterelor dobândite - a cărei formulare eronată în lumina cunoștințelor actuale privind transmiterea genetică a caracterelor biologice a fost cel mai antilamarckian clișeu - nu a fost principala diferență conceptuală dintre Lamarck și Darwin. Acesta din urmă a crezut întotdeauna în acest mod de transmitere, care, după cum vom vedea mai jos, nu este deloc imposibil. „Eroarea” majoră a lui Lamarck a fost interpretarea evoluției ca un răspuns al organismelor la stimulii mediului și, mai ales, ca un proces cu o tendință, cu un scop, ceea ce contrazice dogma mai sus menționată a evoluției ca fenomen mecanic și aleatoriu, fără motiv și fără direcție.

Și totuși, faptele rămân încăpățânate. Deși argumentul de bază pentru explicarea apariției speciilor fiice este hazardul, tendințele evolutive către o mai mare complexitate, eficiență sau diversitate sunt evidente în secvențele de succesiune (fig. 2).

Schimbarea la periferie

Strălucitul paleontolog S.J. Gould, într-unul dintre articolele sale excelente, oferă o viziune foarte instructivă asupra problemei. El introduce conceptul de „schimbare la periferie” ca unul dintre evenimentele posibile care justifică înlocuirea „aparent” rapidă a unei specii cu alta în registrul fosilelor. Procesul este destul de ușor de înțeles: o anumită nișă ecologică are o zonă centrală care este cea mai caracteristică nișei respective. Selecția naturală ar acționa făcând ca indivizii care ocupă această nișă să fie din ce în ce mai adaptați la condițiile de mediu. Dar aceste condiții s-ar schimba pe măsură ce indivizii s-ar deplasa spre periferie. (Imaginați-vă o pădure tropicală care se transformă progresiv într-o savană împădurită și în cele din urmă într-o savană). Indivizii forțați de densitatea populației centrale să trăiască la periferie sunt confruntați cu stimuli de mediu diferiți, care pot produce caracteristici noi. Dacă aceste caracteristici le oferă în mod aleatoriu un avantaj față de populația centrală, ei o pot înlocui rapid, ceea ce ar fi înregistrat în registrul paleontologic ca o schimbare bruscă. Pentru a vizualiza mai ușor procesul, să ne imaginăm cazul primilor hominizi care au fost forțați să colonizeze savana și, odată ce și-au dobândit avantajele față de strămoșii lor, i-ar fi putut „înlocui” în nișa centrală.

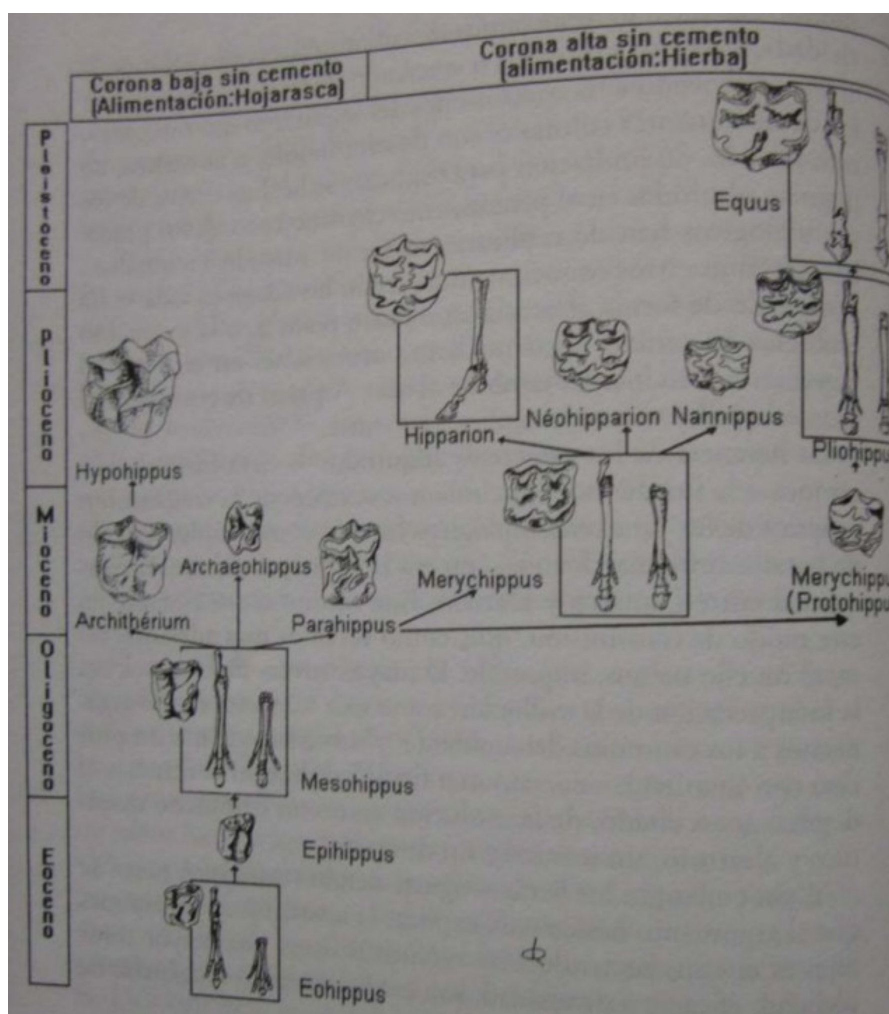


Fig. 2. Evoluția neamului de cai este unul dintre cele mai bine documentate neamuri fosile. Deși se pot căuta o varietate de explicații pentru a justifica schimbările, tendința către o mai mare eficiență biologică în raport cu mediul este evidentă. Trecerea de la habitatul inițial de pădure la pășunile deschise este însoțită de modificări progresive ale dentiției, membrelor și dimensiunilor corpului, adică un răspuns clar la mediu.

Deși acest exemplu (sau model) este încă o modalitate de a explica posibilitatea unor „salturi” aparente (și nu a unor schimbări mari și reale), în cadrul unei scheme ortodoxe, ceea ce este cu adevărat interesant este „morala” pe care acest exemplu o sugerează: modelul nostru social încearcă să ne convingă că competiția este cea care aduce îmbunătățiri. Acest lucru arată că o concurență permanentă nu numai că nu crește probabilitatea unor schimbări reale, dar le împiedică, accentuând din ce în ce mai mult condițiile inițiale. Singura posibilitate, în cadrul acestei scheme, este de a evada din această situație concurențială pentru a încerca ceva cu adevărat nou.

Dar, în termeni mai strict științifici și generali, acest exemplu conduce la o altă reflecție: Selecția naturală este foarte devalorizată ca proces creativ; acțiunea sa este în esență conservatoare, deoarece ceea ce face este să adapteze din ce în ce mai mult fiecare specie la mediul său... S-ar mai putea adăuga ceva: Selecția naturală ca unic mecanism de evoluție ar fi, într-o natură esențialmente dinamică și schimbătoare, un mecanism distructiv, deoarece tendința sa ar fi, fără condițiile arbitrare conferite de genetica populațiilor, de a aduce speciile la o omogenitate totală, adică la o adaptare totală la mediul lor și, prin urmare, absolut lipsite de apărare în fața unei schimbări a condițiilor de mediu.

Din fericire, atât biologic, cât și social, există polimorfisme, o variabilitate enormă care poate fi explicată ca un rezultat al selecției naturale și care pare să existe tocmai pentru a evita posibilele efecte dăunătoare ale selecției naturale duse la extrem.

Macromutațiile: imposibile, dar necesare

Un exemplu de cât de dificil este procesul de „schimbare la periferie” în știință și, în același timp, cât de benefice sunt polimorfismele, a fost oferit în anii 1940 de geneticianul german R. Goldschmidt. El a observat că mutațiile obișnuite, punctiforme, care apar în populațiile de Drosophila (mica mamă a geneticii populațiilor și a unei mari părți a geneticii moleculare) sunt prea mici pentru a fi extrapolate la macroevoluție. Ar trebui să existe „macromutații”, adică mutații cu efect instantaneu, cu o influență mare asupra variabilității indivizilor (14). Reacția oamenilor de știință ortodocși care apărau teoria sintetică a fost crudă. Pentru ei, rezultatele acestor macromutații, pe care le numeau sarcastic „monștri cu viitor”, nu ar fi avut niciun partener cu care să se împerecheze și, prin urmare, niciun loc în procesul evolutiv.

Dar descoperirea recentă a caracteristicilor reglării genelor, în care o mare varietate de factori acționează asupra expresiei unor grupuri mari de gene și pot avea efecte importante asupra fenotipului individului, a arătat nu numai că „macromutațiile” sunt posibile, ci și că, în știință, este mai onest și mai creativ să încerci să înțelegi un fenomen observat, chiar dacă mecanismele nu pot fi pe deplin clarificate, decât să denaturezi faptele evidente pentru a corespunde convingerilor majorității dominante.

Desigur, „macromutația” individuală are aceleași sau mai mari probleme de fixare într-o populație decât aranjarea cromozomilor, dar numai astfel de procese pot explica salturile în organizarea genetică care sunt reflectate prin compararea înregistrărilor fosile cu ființele vii. Singura modalitate posibilă de fixare ar fi ca aceste modificări genetice majore să apară simultan la un anumit număr de indivizi.

Tocmai matematica pare să susțină, în acest caz, această necesitate aparent improbabilă. Geneticianul J. F. Ayala, discipol al lui Dobzhansky, a publicat recent rezultatele sale privind studiul celor 44 de alele care alcătuiesc polimorfismul antigenului de histocompatibilitate (HLA) la om. Încercările de a determina vechimea originii lor și de a explica dinamica diversității lor din punctul de vedere al geneticii populațiilor eșuează deoarece există unele variante care sunt mai apropiate între cimpanzei și anumite grupuri umane decât între aceste din urmă grupuri și alte populații. O problemă similară apare atunci când se efectuează aceeași analiză asupra populațiilor amerindiene, deoarece se constată o susceptibilitate ridicată la deriva genetică. Cu toate acestea, calculele care utilizează metoda *parsimoniei* maxime pentru a ajunge la originea diversificării par mai coerente: rezultatele sunt în mod evident contrare teoriei „unei” Eve mitocondriale (de neconceput în sine) și

arată, cu multă plauzibilitate, că numărul minim de indivizi inițiali pentru a explica variabilitatea existentă în umanitatea actuală nu ar trebui să fie mai mic de 500.

Dar cum poate explica teoria ortodoxă apariția acestor 500 de precursori? Încă o dată, datele obiective analizate în lumina schemelor actuale ne-au condus la o fundătură.

Am ajuns la întrebările fundamentale care decurg din cele două probleme majore, care sunt, pentru moment, de nerezolvat din perspectivă neodarwinistă: poate exista un mecanism evolutiv care să justifice, în același timp, fenomenele de salt care trebuie să fi avut loc atât la nivelul micro, cât și la cel macro al evoluției, și apariția acestor schimbări majore la un număr suficient de indivizi pentru a face posibilă perpetuarea lor? Există suficiente dovezi pentru a crede că da.

III

IMPLICAȚIILE EVOLUTIVE ALE ORIGINII VIEȚII

Dogma care stă la baza interpretării diversității biologice din teoria sintetică a evoluției este că viața ar fi putut fi produsă prin reacții chimice spontane și aleatorii din elementele din atmosfera primitivă a Pământului.

Experimentul efectuat în anii 1950 de Miller și Urey la Universitatea din Chicago a dat rezultate foarte liniștitoare pentru această ipoteză. Recrearea unei atmosfere asemănătoare, din punct de vedere al componentelor și al proporțiilor, cu ceea ce trebuie să fi fost cea primitivă a Pământului (metan, amoniac, hidrogen și vapori de apă), supusă unei descărcări electrice continue, ei au reușit să producă numeroși aminoacizi, printre care patru din cei douăzeci esențiali pentru ființele vii.

Deși acest celebru experiment este în general acceptat ca o demonstrație a faptului că viața ar putea apărea într-o perioadă scurtă de timp, ca urmare a unor reacții aleatorii, se uită un factor fundamental: aceste molecule organice în sine nu sunt capabile, nici măcar unite ca proteine, să genereze viață. Adică să dețină informații genetice, dar mai ales să se autoreplice, o capacitate stranie pe care o au doar ADN-ul și ARN-ul, cele două molecule care organizează toată viața pe Pământ, și să execute informații genetice, ceea ce face ARN-ul. Doar aceste caracteristici sunt suficiente pentru a pune la îndoială o origine pur chimică și aleatorie.

Dar există o problemă suplimentară: pentru auto-replicarea acizilor nucleici, este necesară prezența secvențelor de nucleotide. Adică, ambele tipuri de astfel de compuși complecși ar trebui să apară simultan.

Există posibilitatea apariției, numai aleatorii, a acizilor nucleici, ci a unei proteine simple?

Celebrul - și criticatul - astronom Alfred Hoyle explică acest lucru cu un exemplu genial: un organism precum corpul uman depinde pentru funcționarea sa de aproximativ 200 000 de lanțuri peptidice, dintre care aproximativ 100 000 sunt necesare pentru funcționarea creierului. Fiecare dintre acestea depinde pentru activitatea sa de modul în care sunt aranjați cei 20 de aminoacizi care le alcătuiesc. Având în vedere că aceste lanțuri au, de obicei, mai mult de 100 de legături ale acestor aminoacizi, cu un set de 20 de posibilități fiecare, șansa de a ajunge, din întâmplare, chiar și la unul singur dintre aceste 200 000 de lanțuri ar fi una împotriva unui 1 urmat de atâtea zerouri câte ar umple un volum de mărimea operelor complete ale lui Shakespeare.

În general, în sprijinul șansei, se invocă timpul mare de care au avut nevoie aminoacizii inițiali pentru a se grupa. Dar, conform calculelor lui Sir Alfred Hoyle, acest timp ar fi comparabil cu timpul necesar unui orb pentru a completa cele șase laturi ale unui cub Rubick cu o mișcare pe secundă. Răspunsul ar fi un timp de aproximativ o sută de ori mai lung decât vârsta Pământului. Cu toate acestea, s-a găsit un „argument” pentru a reduce timpul necesar; „dacă, așa cum ne învață termodinamica, universul își crește entropia mult mai puțin decât o face în prezent; cu alte cuvinte, ar fi mai ordonat”. Credința în originea aleatorie a vieții este atât de mare încât conduce nu numai la adaptarea „legilor” fizice ale termodinamicii la un fenomen atât de opus acestora precum viața, ci și la negarea „legii unice a hazardului”[2], potrivit căreia evenimentele remarcabile cu o probabilitate suficient de slabă nu pot fi reproduse, în limite date de spațiu și timp. Altfel spus, dacă apariția aleatorie a unei singure proteine - chiar și într-un univers „mai ordonat” - este foarte improbabilă, apariția moleculelor complexe care transmit informația genetică devine aproape imposibilă.

În ciuda acestor obstacole solide, credința fermă în chimia prebiotică ca producător al vieții nu a fost pierdută. Recent, secvențe scurte de nucleotide au fost cuplate cu succes folosind ARN natural modificat și ribozomi. Acest lucru a condus la concluzia surprinzătoare că „o lume ARN ar fi inventatoarea sintezei proteinelor”. Aceasta ar necesita formarea prealabilă a ARN-ului, cu toate

2 „Legea” șansei, ca multe alte legi (cel puțin cele științifice și mai ales cele statistice) este un «adevăr» susceptibil de excepții sau interpretări diferite. Probabilitatea ca un eveniment să se producă o dată la un milion de ocazii nu înseamnă că acesta nu se poate produce a doua oară (sau la două milioane). În orice caz, chiar dacă criteriile probabilistice nu pot fi considerate cea mai bună metodă de confirmare a unei ipoteze, aceasta nu înseamnă că ele nu pot fi utilizate pentru a evalua plauzibilitatea acesteia.

proprietățile sale complexe, într-un mod aleatoriu. Cu alte cuvinte, posibilitățile ar fi ceva asemănător cu cele din exemplul orbului lui Hoyle pentru o singură proteină, dar cu cubul lui Rubick uns cu unt, care ar cădea la fiecare mișcare. Pe scurt, este vorba deci de un raționament circular, conform căruia originea vieții este viața.

Mai recent (1994), căutarea moleculei primordiale a fost „curbată” sub perspectiva „genei egoiste”. Julius Rebek a reușit să sintetizeze molecule „autoreplicante”. Metoda de producție este foarte discutabilă ca eveniment spontan: molecula sintetizată, adenină-riboză-naftalene-imidă (ARNI), a fost produsă lent dintr-o soluție care conținea componentele sale. Adăugarea unei „părți” de ARNI la această soluție a crescut rata de formare, „un indiciu clar că avem de-a face cu un sistem autoreplicant”. Deși fenomenul seamănă mai degrabă cu un proces de autocataliză, rămâne doar o „problemă minoră” pentru a produce o „ființă vie”: apariția „spontană” a unui înveliș proteic (un „container”) pentru a izola această moleculă de mediu. De asemenea, ar trebui să apară capacitatea de a invada alte organisme, de a utiliza proteinele acestora pentru a se autoreplica și de a se integra în genomul lor. Cu alte cuvinte, un virus „artificial” ar putea fi „creat”. Dar ar mai avea nevoie de o celulă în care să se reproducă, fără de care virușii sunt inerți.

Se pare că există un fel de încăpățânare în a refuza să se recunoască faptul că celula este singurul mediu natural în care pot avea loc procesele complicate care alcătuiesc viața.[3] Dar chiar dacă ar fi posibil să se sintetizeze, să se „asambleze” materiale organice și să se formeze o celulă, apariția ciudatei capacități de producere a vieții a acizilor nucleici ca rezultat al reacțiilor chimice ar fi încă extrem de improbabilă.

Prezicerea

Atunci cum a putut apărea viața pe Pământ? Trebuia să fie într-un mod care să ofere condițiile necesare pentru aceasta, pentru ca acizii nucleici și proteinele să existe simultan. Pentru a ne imagina acest lucru, trebuie să ne întoarcem la originea planetei noastre.

Vârsta Pământului a fost cunoscută cu o precizie considerabilă datorită „ceasurilor radioactive”. Folosind metoda bazată pe descompunerea uraniului 238 în plumb 206, s-a stabilit că Pământul a început să se formeze în urmă cu aproximativ 4,56 miliarde de ani, iar printr-un proces numit *acreție* (acumularea meteoriților care au impactat cu el) și-a încheiat formarea în urmă cu 4,44 - 4,41 miliarde de ani, când a început să păstreze atmosfera.

Această atmosferă inițială, care nu era potrivită pentru viața aerobă așa cum o cunoaștem astăzi, a apărut din gazele produse și eliberate din interiorul Pământului la o temperatură ridicată. Cele mai abundente erau dioxidul de carbon și azotul. Existau, de asemenea, metan, amoniac, dioxid de sulf, vapori de apă și acid clorhidric. Dar nu exista oxigen liber. Această compoziție a fost obținută din cantitățile mici de gaze care, în crestele oceanice, urcă la suprafață și sunt prinse în mici vezicule din magmă.

Scăderea lentă a temperaturii, degazarea și condensarea au eliberat cantități mari de apă, care au acoperit Pământul. În acest timp, deși exploziile de meteoriți erau în scădere, acestea erau încă frecvente și provocau fierberea apei. Până acum 4 miliarde de ani, prezența vieții era imposibilă.

Dar există dovezi puternice că viața a existat pe Pământ acum cel puțin 3,8 miliarde de ani. Raportul izotopilor de carbon 12 și 13 din rocile sedimentare (care crește în favoarea primului doar atunci când un organism viu perturbă echilibrul) a furnizat dovezi din formațiunea Isua din vestul Groenlandei că o formă de viață ar fi putut exista la acea dată. Pentru astronomul Carl Sagan, rapiditatea cu care a apărut viața pe Pământ indică faptul că a fost un proces probabil, adică greu explicabil sub forma unor evenimente chimice aleatorii.

Ce fel de organisme ar fi acestea? Răspunsul pare să se afle în *stromatolite* (Fig. 3). Aceste structuri fosile, descoperite în secolul al XIX-lea, nu au fost cunoscute până când omologii lor vii nu au fost studiați în Florida și Australia. Ele sunt resturi provenite din colonii de cianobacterii, care trăiesc în ape puțin adânci. În Australia au fost descoperite stromatolite care datează de acum 3,6

3 A se vedea capitolul IX.

miliarde de ani. În plus, existența bacteriilor în roci datate în urmă cu 3,5 miliarde de ani a fost stabilită pe scară largă.

Bacteriile sunt un tip ciudat de ființe vii care nu pot fi clasificate nici ca animale, nici ca plante. Pentru a le distinge de alte ființe vii, li s-a dat un nume care le descrie ca fiind un singur fir (o moleculă) de ADN în interiorul unei membrane fără nucleu care să îl izoleze. Au fost numite procariote, pentru a le diferenția de adevăratele celule care își poartă ADN-ul într-un nucleu, eucariotele. Dar cel care le-a dat acest nume a indicat, poate fără să vrea, și altceva: etimologic, *procariote* înseamnă „**Presimțitor**".



Figura 3.- Stromatolitele („pietre pernă") sunt rămășițe ale activității comunităților bacteriene, formate în principal din cianobacterii fotosintetice. Bacteriile formează un fel de strat în sedimentele apelor de mică adâncime. Atunci când substanțele pe care le secretă (ca deșeuri și protecție) blochează trecerea luminii solare, acest strat de bacterii se deplasează în căutarea luminii, ducând la creșterea acestor resturi stratificate. În unele locuri, au fost descoperite depozite groase de aproximativ un kilometru și care se întind pe sute de kilometri. Formarea lor a fost estimată la o perioadă cuprinsă între aproximativ 2,5 miliarde de ani în urmă și Cambrianul timpuriu.

Există trei tipuri de bacterii: arheobacteriile, al căror nume înseamnă *bacterii arhaice*, străvechi; cianobacteriile, numite și microalge albastre-verzi, datorită aspectului lor; și eubacteriile, adevărate bacterii. Dar toate au capacități ciudate și complexe de a fi primele organisme: primele, ca puține specii cunoscute astăzi, reflectă istoria lor de colonizare a unui Pământ foarte diferit de cel de astăzi.

Cele care rămân trăiesc în medii extreme, cum ar fi depozitele saline sau izvoarele termale cu temperaturi extrem de ridicate. Recent, o specie de bacterii a fost descoperită pe fundul oceanului, la o adâncime de 2 650 de metri, în apropierea unor izvoare sulfuroase, cu temperaturi de 250°C și 250 de atmosfere de presiune.

Cianobacteriile, clar identificate și foarte abundente la începutul Precambrianului, au o activitate foarte importantă: ele realizează fotosinteza, adică produc oxigen (la eubacterii, fotosinteza este „anoxigenă"). Ele au fost, fără îndoială, primele organisme care au utilizat, așa cum au făcut ulterior plantele, apa ca donor de electroni în fotosinteză.

Eubacteriile au o serie de activități și proprietăți care par concepute pentru a produce viață. Toate, sau majoritatea, au un ADN foarte versatil și eficient care, spre deosebire de materialul genetic al altor organisme mai complexe, acceptă cu ușurință integrarea de gene străine capabile să acționeze în interiorul lor și să producă compușii pe care îi codifică. De fapt, bacteriile sunt sistemul

frecvent utilizat în experimentele de inginerie genetică pentru a produce, în cantități mari, compuși organici complecși (proteine exogene).

Descoperirile recente privind bacteriile au provocat o anumită îngrijorare, deoarece acestea ar putea „trezi vechile fantome ale evoluției lamarekiene”: mutațiile țintite și moștenirea trăsăturilor dobândite. S-a demonstrat că anumite bacterii, confruntate cu o sursă de hrană pe care nu o puteau utiliza, au suferit mutații (în acest caz, două mutații independente care în sine nu confereau niciun beneficiu) care au făcut posibilă asimilarea. Probabilitatea ca acestea să apară împreună (simultan) în mod spontan ar fi practic zero. Cu alte cuvinte, după toate probabilitățile, este vorba de un răspuns la condițiile de mediu, adică o mutație post-adaptivă.

Dar ele au și alte proprietăți variate și „lamarckiene”: unele fixează azotul în solurile sărace și fac posibilă viața plantelor care nu ar putea exista fără ele. Altele produc fermentații care fac asimilabile și utile pentru viața organismelor complexe substanțe pe care acestea nu le-ar putea utiliza fără această activitate prealabilă. Unele dintre acestea trăiesc și acționează în intestinul animalelor erbivore, iar altele în intestinul uman. Bacteriile intracelulare ale cicadei *Eucelis incisus*, care furnizează gazdei lor colesterol și anumiți aminoacizi pe care cicada nu îi poate sintetiza, sunt un exemplu grăitor. La un moment dat în viața lor, bacteriile migrează prin hemolimfă către ovare și se introduc între ovul și membrana acestuia. Rezultă astfel o transmitere lamarckiană la descendenți.

Există, de asemenea, bacterii care transformă elemente toxice, cum ar fi compușii sulfului sau carbonului, în materie organică, bacterii fotosintetice implicate în principalele cicluri biogeochimice ale carbonului, azotului și sulfului prin oxidarea CH4, NH3 și SH2 și transformarea acestora în dioxid de carbon și ioni de nitrat și sulfat, care pot fi asimilați de plante. În sfârșit, cianobacteriile fotosintetice menționate mai sus, care transformă dioxidul de carbon atmosferic în oxigen.

Această ultimă proprietate este cea care pare să fi făcut posibilă apariția organismelor care au folosit oxigenul pentru a trăi. Într-adevăr, deși este posibil ca o parte din eliminarea dioxidului de carbon din atmosfera timpurie să fi fost cauzată de procese anorganice, acum pare clar că cea mai mare parte a acestei eliminări și crearea atmosferei bogate în oxigen a fost cauzată de activitatea bacteriilor fotosintetice și, mai târziu, a algelor primitive unicelulare, primii lor descendenți. Studii recente indică faptul că procesul a început brusc în urmă cu aproximativ 2,1 miliarde de ani și că starea actuală a atmosferei a fost atinsă în urmă cu 1,5 miliarde de ani.

Originea celulelor eucariote

Dar bacteriile, precursoarele, nu numai că au făcut posibile condițiile de existență a vieții de astăzi, dar au și „făcut” viața. Această afirmație poate părea excesivă; totuși, implicarea bacteriilor în formarea celulelor eucariote, care formează organisme complexe, nu mai este o ipoteză (fig. 4).

Datele prezentate de L. Margulis și D. Sagan arată clar originea bacteriană a cloroplastelor și mitocondriilor, organite esențiale ale eucariotelor. Adică, includerea, în cadrul unei bacterii, a unei clorobacterii fotosintetice de tip *Prochloron*, pentru prima, și a unor bacterii aerobe, de tip *Paracoccus* și *Rhodopseudomonas*, pentru a doua (fenomenul că codul genetic al ADN-ului nuclear diferă ușor de „limbajul” utilizat de mitocondrii și cloroplaste în ADN-ul lor este foarte interesant și indicativ).

Organizarea vieții

De fapt, primele celule eucariote existau deja acum 2 miliarde de ani. Dar următorul pas pare să implice și bacteriile. Primele metazoare, organisme pluricelulare, apar brusc în registrul fosilelor.

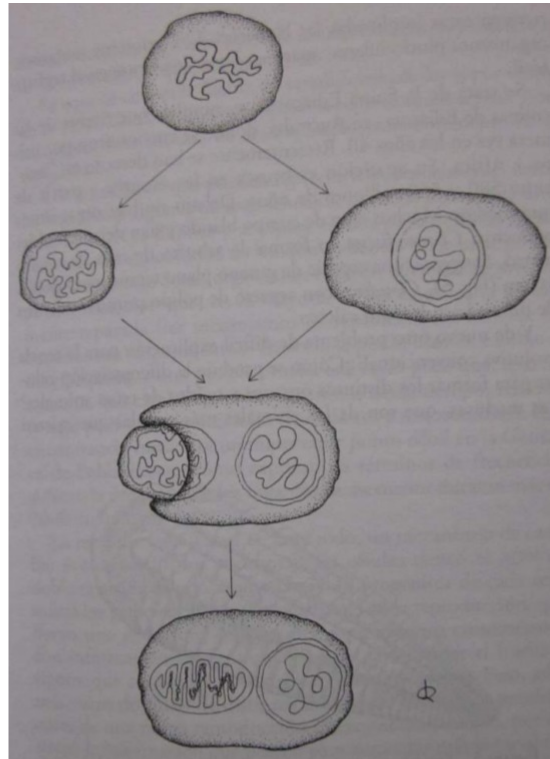


Figura 4.- Mitocondriile ar fi putut deriva din bacterii analoage ***Bdellovibrio****-ului actual, care au caracteristica de a invada și parazita activ bacteriile. Capacitatea Bdellovibrio de a pătrunde în gazda lor sugerează că un proces de fagocitoză la bacteriile ancestrale nu este necesar pentru a explica existența bacteriilor mici în cadrul uneia mai mari. Diviziunea mitocondriilor în procesul de mitoză celulară are cu siguranță un caracter tipic bacterian*.

Este vorba despre fauna ediacarană, un nume derivat de la Ediacaran Hills din Australia, unde au fost descoperite pentru prima dată în anii 1940. Recent, au fost descrise în Europa și Africa. Ele apar brusc în straturile de acum 580 - 560 de milioane de ani. Nu există organisme intermediare mai jos. Multe aveau corpuri moi și au lăsat mulaje perfecte: *Charnodiscus*, sub forma unei tufe de peste o jumătate de metru, *Spriggina*, un fel de vierme plat segmentat de 4 până la 10 cm (Fig. 5), *Cloudina*, care arată ca un polip primitiv în interiorul unor tuburi de carbonat de calciu.

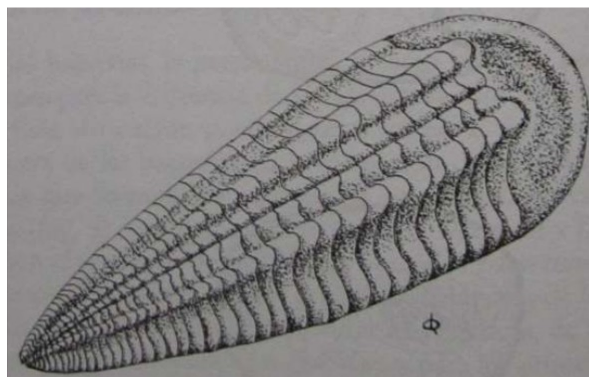


Figura 5.- Spriggina, numită după descoperitorul faunei ediacariene, geologul R. C. Sprigg, a primit, alături de restul faunei care refuză să admită originea abruptă a organizării animale, colonii de organisme unicelulare sau chiar produse reziduale. Cu toate acestea, urmele perfecte pe care aceste organisme le-au lăsat în sedimente, în special în Spriggina, relevă o organizare distinctă care a permis identificarea lor ca fiind un anelid primitiv sau, pentru unii, un proto-artropod.

Și din nou o altă problemă greu de explicat pentru teoria evoluționistă convențională: cum a avut loc diferențierea celulară pentru a forma diferitele organe și țesuturi ale acestor animale? Meduzele, care sunt printre cele mai simple animale existente în prezent, au unsprezece tipuri de celule diferite, în comparație cu mamiferele, care au peste 200.

Sursa variabilității celulare, și deci a variabilității organismelor, este cunoscută: reproducerea sexuală. Dar originea sa este departe de a fi explicată în mod coerent în prezent.

Organismele care se pot reproduce asexuat, cum ar fi bacteriile și unii polipi simpli, o fac prin diviziune simplă. ADN-ul lor este duplicat și divizat în două copii exacte ale genomului lor. Variabilitatea urmașilor este minimă. Aceștia vor fi organisme exacte, cu excepția cazului în care apare o mutație, care, în majoritatea cazurilor, ar fi reparată rapid (mecanismele de reparare a ADN-ului bacteriilor sunt uimitoare). Cu alte cuvinte, posibilitatea de schimbare este foarte mică, iar o posibilă dovadă este cât de puțin s-au schimbat aparent aceste organisme din cele mai vechi timpuri (și aici am putea include cloroplastele și mitocondriile). Această circumstanță introduce o slăbiciune majoră în genericele populaționale: cum să explicăm, în termeni de frecvența alelelor, evoluția organismelor asexuate pe parcursul a 2000 de milioane de ani?

Reproducerea sexuală este în primul rând un mecanism de schimbare evolutivă. La eucariote, celulele au ADN în doze duble care formează cromozomii. Părintele de fiecare sex utilizează gameți, celule reproducătoare specializate, care poartă una dintre cele două jumătăți ale complementului cromozomial cu informații diferite și se unesc pentru a forma oul sau zigotul, care va conține informații de la ambii părinți. Dar, în plus, aceste două ADN-uri provenite de la indivizi diferiți fac ceva ciudat înainte de o nouă reproducere, schimbă (amestecă, ca să spunem așa) informațiile pe care le dețin pentru a crește și mai mult variabilitatea, care este esențială pentru ca evoluția să aibă loc.

Este din ce în ce mai dificil să explicăm aceste capacități complexe ale ADN-ului ca fiind un fenomen mecanicist aleatoriu. Ar fi mai rezonabil, având în vedere dovezile convingătoare privind implicarea bacteriilor în originea celulei encariote, posibilitatea agregării bacteriene care indică un al doilea set de cromozomi. Cel puțin, pare mai rezonabilă decât ipoteza „ortodoxă”, care explică faptul că reproducerea sexuală a apărut pentru a „deruta” virușii, care, prin capacitatea lor de a penetra membranele celulare și de a se introduce în secvența genetică a celulelor gazdă într-un loc pe care îl recunosc chimic, ar putea periclita „decolarea” evolutivă a eucariotelor. Modificările fiecărei generații rezultate în urma reproducerii sexuale ar face mai dificilă găsirea locului virușilor. Deși această teorie poate părea naivă, ea este de altfel dificil de explicat, deoarece presupune că motivul „inventării” de către evoluție a reproducerii sexuale „nu a fost, în mod evident, avantajele care se prefigurau pentru viitor”.

Cu toate acestea, pentru teoria evoluției aleatorii, fără direcție sau tendințe, este dificil de explicat următorul pas în istoria vieții: așa-numita „explozie cambriană”. În nivelul geologic de deasupra faunei ediacariene (separată de un strat caracterizat prin cochilii mici și curioase) și datată acum 530 de milioane de ani, apare o varietate absolut inexplicabilă de animale. Structurile lor complexe, clar diferențiate, ne-au permis să le identificăm ca fiind adaptate pentru a exploata toate nișele ecologice marine: existau scormonitori, precum *Ancalogon*, tubicoli precum *Louisella* sau *Ottoia*, sesili precum *Vauxia* sau *Pirania*, târâtoare de fund precum *Canadapsis* și *Oleonoides* și prădători înotători precum *Anomalocaris*..., chiar și experimente curioase precum *Opabinia* sau *Allucigenia* (Fig. 6).

Dar cel mai izbitor lucru nu este diversificarea ecologică, ușor de explicat ca o radiație adaptativă produsă într-un „mediu gol”, plin de resurse neexploatate. Ceea ce este inexplicabil din punct de vedere evolutiv este faptul că toate tipurile majore de organizare generală au fost recunoscute la aceste animale, adică toate Phyla moderne ale vieții animale, cu excepția *briozoarelor*, organisme marine sesile și coloniale, care nu au apărut decât la începutul Ordovicianului, următoarea perioadă geologică.

Spongiaria, echinodermele, moluștele, polichetele și onicoforii au fost identificate în această faună, deși majoritatea sunt artropode. Chiar și strămoșul chordatelor și, prin urmare, al vertebratelor, ar putea fi reprezentat de *Pikaia*, cu tot aspectul unui cefalochordate. Desigur, ar

exista și organizații, cum ar fi *Opabinia* și *Allucigenia* menționate anterior, și chiar *Trilobite*, fără succesori recunoscuți (deși pentru unii autori, *Allucigenia* ar fi un *Onychophorus*).

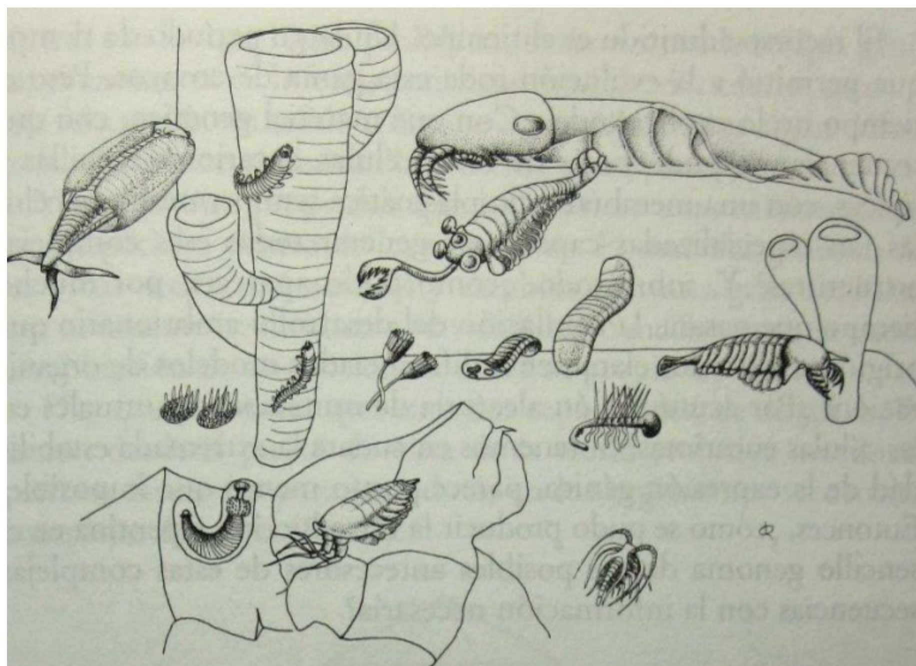


Figura 6.- Explozia cambriană a vieții este cel mai inexplicabil eveniment biologic din teoria evoluționistă convențională. Descoperită în 1910 într-o carieră canadiană, Burgess Shale (o formațiune stâncoasă lungă de 60 de metri și adâncă de 2,5 metri la adâncimea sa maximă), ciudata faună de mare de mică adâncime a fost identificată de Ch. D. Walcott ca fiind formată din artropode, viermi și meduze. Revizuirea sa ulterioară, începând cu anii 1960, de către M. Whittington și studenții săi D. Briggs și S. Conway Morris, a dezvăluit detalii surprinzătoare în ceea ce privește „experimentele" organizaționale. Numele expresive Allucigenia sau Anomalocaris indică senzația pe care aceste animale ciudate au produs-o tinerilor lor descoperitori.

Cum explicăm, astăzi, această revoluție bruscă care a produs, într-un episod fără precedent, structuri atât de complexe precum antene și picioare articulate, carapace rigide, carapace, clești, ochi, palete de înot, guri, tuburi digestive (uneori cu resturi de mâncare în interior, precum artropodul *Sidneyia*, cu resturi de trilobiți și brachiopode)?

Resursa admisă este timpul. O perioadă lungă de timp care a permis evoluției toată această gamă de încercări. Dar timpul nu explică totul: cu ce material genetic, cu ce secvențe, a fost posibil să se treacă de la celule eucariote simple, tipice, cu o membrană citoplasmatică semipermeabilă, la celule atât de specializate, capabile să genereze toate aceste structuri complexe? Și, mai ales, cum a putut să apară reglementarea dezvoltării embrionare care a dat naștere tuturor modelelor organizatorice clar diferențiate, oricât timp ar fi durat, prin acumularea aleatorie de mutații punctiforme în celulele eucariote? Dacă luăm în considerare stabilitatea extremă a expresiei genelor, ar părea mai puțin decât imposibil. Cum ar fi putut avea loc, atunci, introducerea bruscă a acestor secvențe complexe cu informațiile necesare în genomul simplu al posibililor lor strămoși?

Mesagerii

Să revenim la viruși (pe care i-am lăsat jucându-se de-a v-ați ascunselea cu materialul genetic al gândacilor). Acestea sunt, alături de bacterii, celălalt grup de „organisme" deosebit de dificil de definit. În ceea ce privește descrierea lor, aceasta este mai simplă: ele sunt pur și simplu un lanț (o moleculă) de ADN sau ARN învelit într-o capsulă proteică. Originea lor este explicată în știința ortodoxă ca fiind fragmente de material genetic care au scăpat „cumva" din celula inițială.

Totuși, pentru un „fugar”, trebuie spus că are calități foarte „casnice”. Virușii nu cresc și nu se hrănesc. Ele pot exista doar pentru că intră în alte celule, iar fragmentele lor de material genetic folosesc proteinele gazdei pentru a face replici ale lor, care reinvadează alte celule, uneori modificându-le până la punctul de a dăuna organismului gazdă.

Dar calitatea cea mai specială este că retrovirusurile, care sunt virusuri ARN, odată intrate în celulă sunt transcrise în ADN, care este introdus în genomul gazdei, unde începe să traducă secvențele corespunzătoare, adică propria informație genetică (virusurile ADN se integrează direct). Aceste caracteristici sunt cele care fac posibile tratamentele de terapie genică, care constau în infectarea cu viruși modificați cu secvențele corespunzătoare a unui țesut sau organ ale cărui celule, din cauza unui defect funcțional, nu sintetizează proteina corespunzătoare.

Și aceasta este o altă proprietate care le conferă caracteristici foarte speciale printre ființele vii. Constituția genetică a virușilor acceptă cu mare ușurință mutații și schimbări care, în mod normal, nu le modifică viabilitatea. Pur și simplu, noua combinație de nudcotide își codifică propria replicare.

Desigur, aceste două capacități, greu de explicat din punctul de vedere al teoriei evoluționiste ortodoxe, par concepute pentru a introduce secvențe genetice complexe în organisme (figura 7).

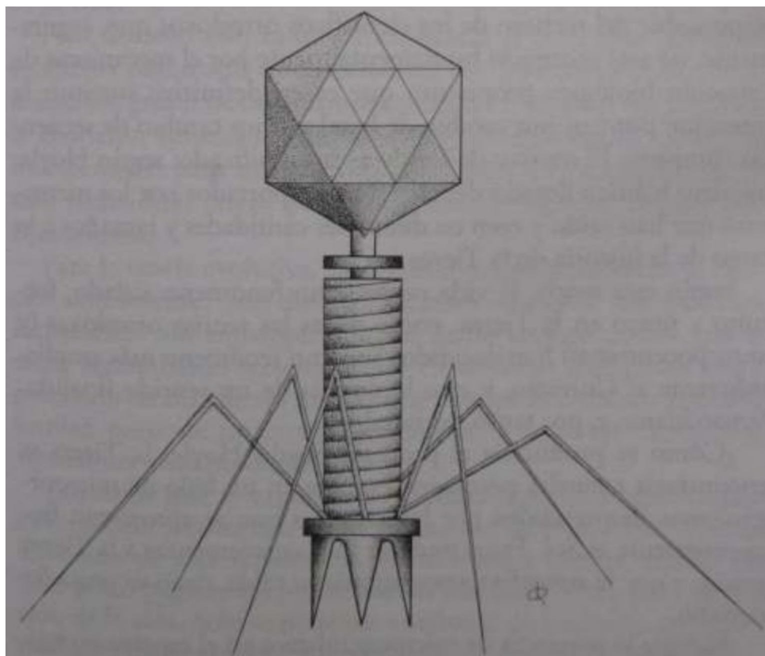


Figura 7 - Deși bacteriofagii de tip T nu pot fi considerați prototipul cel mai general al virușilor, i-am descris aici în semn de recunoaștere a unei intenții malefice: apariția lor stârnește cele mai fanatice speculații în mințile neconstrânse de o premoniție a inexplicabilului.

Acesta este modul în care astronomul galez Sir Alfred Hoyle a interpretat-o în 1982, un exemplu viu al tradiției din istoria științei, conform căreia interesul unei ipoteze inovatoare este direct proporțional cu agresivitatea pe care o provoacă în cei care apără mentalitatea dominantă.

Observarea, printre altele, a salturilor mari și abrupte din registrul paleontologic și a diferențelor de organizare între „cladele” între care se poate stabili o succesiune în registrul paleontologic, cum ar fi reptilele și mamiferele, schimbări care ar implica modificări ale secvențelor complexe de material genetic, l-au condus la concluzia că o posibilă modalitate de a explica aceste fenomene este integrarea secvențelor de virusuri în genomul acestor organisme.

În ceea ce privește originea acestor viruși, ipoteza sa este responsabilă de respingerea oamenilor de știință ortodocși, care cu siguranță nu este motivată în primul rând de mecanismul de variație biologică propus, care constă în cele din urmă în înlocuirea mutației punctuale (o schimbare de bază) cu o schimbare completă a secvenței. Motivul de bază este semnificația sa: potrivit lui

Hoyle, virușii ar fi sosit din spațiu purtați de meteoriții care au căzut și cad în număr și mărime variate de-a lungul istoriei Pământului.

Conform acestei teorii, viața nu ar fi un fenomen izolat, fortuit și unic pe Pământ, așa cum au decis toate teoriile ortodoxe (și antropocentrice). Ea ar fi un fenomen mai larg, inerent Universului, iar acest lucru i-ar conferi un sens finalist, lamarckian și, prin urmare, respingător.

Cum ar avea loc acest proces? Potrivit lui Hoyle, Pământul ar fi permanent învăluit într-un halo de microorganisme aruncate de cometele care se apropie frecvent de Soare. Acestea ar putea cădea „ușor" pe Pământ deoarece dimensiunile lor mici ar fi amortizate de atmosferă.

Deși prezența microorganismelor în spațiu nu este pe deplin demonstrată, iar dovezile prezentate de Hoyle erau indirecte (infecții virale simultane la populații fără contact, de exemplu), ipoteza, bazată pe mica posibilitate a originii spontane a materialului genetic discutată mai sus, era foarte demnă de atenție, deoarece, potrivit acestuia, ar explica salturile și schimbările bruște în organizarea plantelor și animalelor astfel: virușii ar „infecta celulele«». Uneori, aceasta nu ar fi o situație patogenă, ci s-ar adăuga pur și simplu la materialul genetic al plantei sau animalului, care obține astfel un nou set de gene disponibile pentru o eventuală utilizare.

Marele interes al acestei ipoteze este că ar explica nu numai saltul brusc al informației genetice, ci și modul de obținere a genelor sau grupurilor de gene cu informație nouă, care ar fi mai probabilă decât cea obținută prin simple erori de copiere (mutație punctuală). Problema apare atunci când este vorba de a admite că informația conținută în viruși ar avea un sens, o entitate biologică, adică că ar fi ca niște „subrutine" ale procesului vieții.

Dar nu numai atât, aceasta ar explica și cealaltă mare problemă evolutivă ridicată mai sus. Infectarea virală a unui grup mare de organisme (animale sau plante) ar face posibilă apariția simultană a noilor caracteristici, condiție indispensabilă pentru perpetuarea lor (spre deosebire de mutația într-un singur individ, ale cărei probleme în această privință au fost deja discutate).

Pentru teoria evoluționistă, așa cum este ea concepută în prezent pe scară largă, aceste două explicații vor fi „evident" respinse. Cu toate acestea, o mare parte a acumulării recente de cunoștințe în diferite discipline relevă fapte care, deși studiate izolat, fac parte din același fenomen și fac aceste ipoteze din ce în ce mai plauzibile.

Datele care urmează sunt simplificate, incomplete și poate cu unele argumente slabe. Dar intenția acestei recenzii este departe de a fi aceea de a clarifica în câteva pagini o problemă atât de complexă precum evoluția vieții. Se dorește doar enumerarea unui set de informații dispersate obținute din diferite discipline, conectate într-un context evolutiv, astfel încât să poată servi drept bază pentru ca noile date obținute din acestea, în număr din ce în ce mai mare, să poată fi utilizate pentru a susține sau a respinge, parțial sau total, ipoteza menționată mai sus.

Pentru a face prezentarea mai ordonată, aceste date vor fi enumerate în secțiuni în funcție de disciplinele științifice din care provin și de dimensiunile mai mari sau mai mici ale domeniilor lor respective de studiu, dar fără a uita că toate aceste domenii sunt interconectate în cadrul unui proces comun.

IV

ASPECTE ASTRONOMICE

Abundența de materie organică împrăștiată în cosmos este acum un fapt bine cunoscut. Radiotelescoapele terestre și spectrometrele în infraroșu ale unor sonde spațiale precum cele americane Galileo sau Viking și cea europeană Giotto au identificat compuși organici larg răspândiți în întregul sistem solar. Sateliții Mane, Deimos și Phobos, considerați a fi asteroizi capturați pe orbită, sunt acoperiți cu un strat de materie organică, iar Titan, satelitul gigant al lui Saturn, conține de asemenea baze nucleotidice, hidrocarburi aromatice policiclice și o gamă largă de aminoacizi. Dar mai departe, din praful interstelar, au fost recepționate lungimi de undă corespunzătoare moleculelor organice complexe: mai mult de cincizeci au fost identificate până în prezent. Unele sunt simple, cum ar fi hidrocarburile, alcoolii și nitrilii, dar altele au lanțuri lungi de carbon de tipul H_n C_{11} N, și chiar mai apropiate de materia vie, cum ar fi cele de tipul $(H_2CO)_6$ monozaharidelor aparținând grupului hexose. Chiar și cometa Halley, al cărei nor de praf înconjurător a fost străbătut în 1986 de sonda spațială Giotto, a fost descoperită ca având un nucleu compus din până la 25% materie organică.

Dar aceste urme indirecte îndepărtate nu dovedesc existența materiei vii. Ele indică doar faptul că componentele sale există în spațiu. Cu toate acestea, există date mai directe care ajung pe Pământ. Meteoriții recent atestați care au fost studiați au arătat prezența diferitelor tipuri de hidrocarburi, precum și a aminoacizilor și bazelor nucleotidice... și, de asemenea, urme, în unele cazuri, de posibile microorganisme.

Sosirea acestor microorganisme vii la bordul unui asteroid nu a fost încă dovedită definitiv. Supraviețuirea ADN-ului în spațiu ar fi foarte improbabilă, deoarece dozele mari de raze X cosmice l-ar putea distruge. Cu toate acestea, există un caz surprinzător: bacteria *Micrococcus radiophilus* rezistă la un bombardament enorm de raze X de milioane de ori mai mare decât cel care a existat pe Pământ de la originea vieții. Acest bombardament produce până la 10 000 de rupturi în ADN-ul său, dar bacteria este capabilă să repare aceste daune enorme și să rămână viabilă. Cum poate fi explicată această „adaptare” de biologia convențională?

Un fapt suplimentar este cel al bacteriofagelor de tip T, cu învelișul lor perfect icosaedric. S-a demonstrat că acestea se pot cristaliza, ceea ce le-ar permite să rămână încorporate pe o perioadă nedeterminată într-o formațiune stâncoasă, până la fragmentarea sau eroziunea lor finală.

Extincții și explozii

Cum pot fi corelate toate aceste dovezi cu procesul evolutiv?

Sistemul nostru solar se rotește aproximativ la fiecare 250 de milioane de ani în jurul centrului galaxiei (Calea Lactee). În timpul acestei rotații, el oscilează continuu de pe o parte pe alta a planului galactic, cu o periodicitate de aproximativ 67 de milioane de ani, adică traversează planul galactic la fiecare 33 ± 3 milioane de ani (fig. 8). Limita discului galactic este un inel de nori interstelari, în unele cazuri cu o concentrație mare de materie. Trecerea periodică prin acești nori ar provoca o destabilizare gravitațională a unei părți a cometelor aflate pe orbite în jurul sistemului nostru solar (printre care se numără așa-numitul nor Oort). Această destabilizare ar determina căderea în sistemul nostru a unor comete de diferite numere și mărimi.

Efectele acestor ploi periodice de comete nu ar fi întotdeauna aceleași. În unele cazuri, asteroizii mari ar trece pe lângă Pământ, provocând efecte gravitaționale precum deplasarea polilor magnetici. În alte cazuri, doar o ploaie de corpuri mici ar putea ajunge pe Pământ, iar uneori impacturi mari, cum ar fi cel cunoscut din studiile lui Luis și W. Álvarez, care pare clar asociat cu extincția de la sfârșitul Cretacicului (30). Căderea acestor corpuri nu ar fi bruscă, ci ar putea dura sporadic până la 10 milioane de ani. Studiul colecției de datare a craterelor produse de impacturile de pe Pământ a permis să se calculeze căderile de meteoriți au avut loc la fiecare 31 ± 1 milioane de

ani. Această informație este în concordanță cu datele obținute de David Raup și T. Septoski care, într-un studiu asupra a 567 de familii de organisme marine, au constatat că, în ultimii 250 de ani, extincțiile a cel puțin 2% din familii au avut loc la fiecare 26 de ani. Rampino și Stotherd consideră că cel puțin 10% din familii trebuie să fi dispărut pentru a fi considerată o extincție în masă și au obținut o periodicitate de 30 ± 1 ani pentru această condiție.

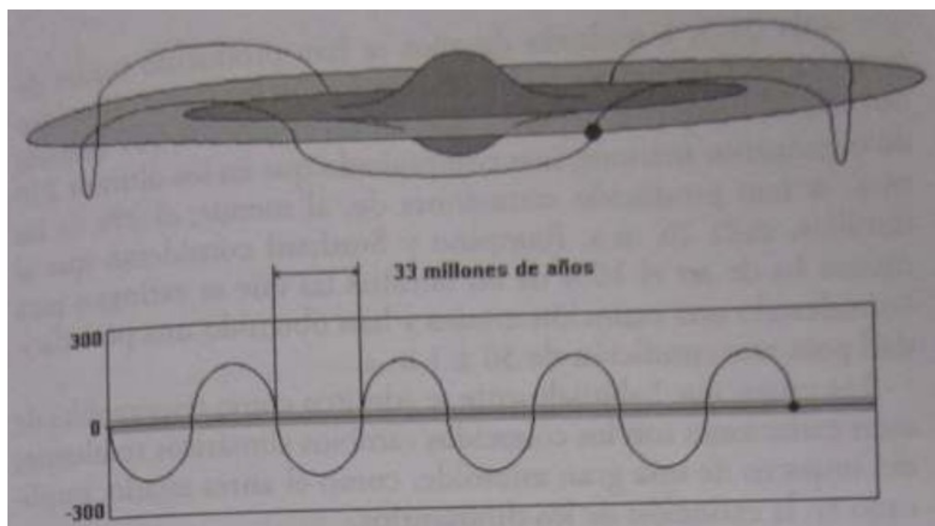


Figura 8.- Galaxia noastră, Calea Lactee, are o agitație discoidală. Stelele și norii de gaz interstelar sunt supuși diferitelor mișcări oscilatorii în interiorul galaxiei, care par a fi legate de caracteristicile nașterii lor. Soarele, care se află în zona periferică a galaxiei, are o mișcare de oscilație cvasi-periodică care îl face să traverseze „planul galactic" aproximativ la fiecare 33 de milioane de ani. Destabilizările forțelor gravitaționale care mențin echilibrul între diferitele corpuri interstelare, atunci când interacționează cu alte corpuri, le-ar face să cadă periodic prin sistemul solar.

Cauzele acceptate de obicei ca responsabile pentru aceste extincții sunt binecunoscutele schimbări climatice rezultate în urma impactului unui asteroid mare, precum cel menționat mai sus, implicat în extincția dinozaurilor.

Dar impacturile mari nu s-ar produce întotdeauna și, în plus, există extincții selective, adică nu generale, cum ar fi cele menționate mai sus, care nu pot fi atribuite schimbărilor climatice care ar afecta în mod egal toate ființele dintr-un ecosistem, fie el marin sau terestru. Această observație a condus la explicația că ar putea fi implicate un fel de focare epidemice.

În ipoteza noastră, virusurile transmise de meteoriți ar putea explica într-adevăr aceste extincții periodice și selective. Dar acestea ar putea explica și evenimentele pe care le vom analiza în secțiunea următoare.

V

ASPECTE PALEONTOLOGICE

Atunci când se analizează evoluția viețuitoarelor în ansamblul înregistrărilor paleontologice, două aspecte ies în evidență care, cu excepțiile logice, dau impresia unor apariții sistematice:

Primul, evidențiat deja de Cuvier în secolul al XVIII-lea: tranzițiile abrupte între faune, care se disting clar în straturile succesive.

A doua este apariția, de asemenea bruscă, a diferitelor tipuri de organizare, care, pentru o perioadă mai mare sau mai mică de timp, rămân cu o variabilitate redusă sub forma unei faune „reziduale" sau „minoritare", pentru ca mai târziu să sufere o „explozie" în număr și diversitate și să devină fauna majoritară caracteristică unei perioade.

Aceste două observații sunt, evident, o simplificare a unui proces foarte complex și nu se aplică în totalitate tuturor filelor animale și vegetale. Este evident că pentru multe nevertebrate marine, artropode în general și insecte în special, această tendință nu este atât de direct aplicabilă.

Opoziția față de admiterea existenței unor tendințe spre o mai mare complexitate în evoluție a determinat autori de prestigiu precum S. Gould să afirme că „*Suntem în era bacteriilor. A fost de la început și va fi pentru totdeauna*". Dar, deși această afirmație nu poate fi negată, este la fel de adevărat că a existat o vreme când existau doar bacterii, alta cu bacterii și nevertebrate, alta cu aceste două grupe și pești, alta cu aceste trei și amfibieni... și în cele din urmă omul, ultimul sosit.

Mai mult, observațiile lui Gould și Elredge privind fenomenele de explozie a numărului și diversității speciilor, urmate de lungi perioade de „stagnare", pot fi verificate și la nivelul marilor „aliaje", al principalelor tipuri de organizare animală. Într-adevăr, școala cladistică, orientată spre un studiu al filogeniei, bazat nu pe încercarea nereușită de a urmări „arborele genealogic" al speciilor individuale, ci pe studiul grupurilor taxonomice, a pus în evidență un fenomen similar conceptului de „echilibru punctat" propus de Gould și Elredge: apariția bruscă a unei mari varietăți de taxoni (genuri, ordine, familii...) și permanența acestora (cu mici variații) pe o perioadă lungă de timp. Acest fenomen poate fi vizualizat, de asemenea, într-un mod schematic, prin apariția succesivă a marilor categorii taxonomice cunoscute sub numele de clase (pești, amfibieni, reptile, mamifere).

După așa-numita „explozie cambriană" a avut loc o extincție uriașă, care a distrus mii de specii (dar toate Phyla actuale au fost reprezentate). În perioada următoare, Ordovicianul, fauna este nouă. Descendenții marilor grupuri cambriene se diversifică până la triplarea varietății: cefalopode, arici de mare, corali, crustacee, viermi... Dar printre formele de viață recognoscibile în fauna de astăzi, există un tip nou. Este vorba de *Atraspis*, un agnatid (fără maxilar), cel mai vechi strămoș cunoscut al peștilor (Fig. 9).

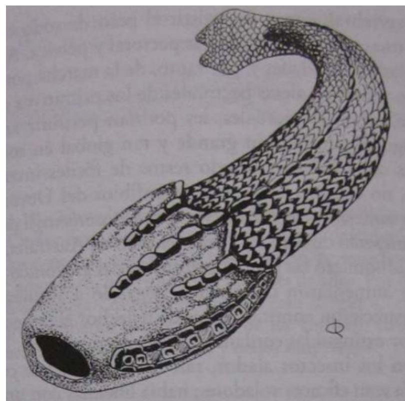


Figura 9.- Peștii au apărut foarte brusc în registrul fosilelor. La nivelul Ordovicianului din America de Sud, America de Nord și Australia, ei se găsesc ca o minoritate a faunei și cu o dimensiune mică (mai puțin de 20 de centimetri). Cu toate acestea, anatomia lor stabilise deja caracteristicile fundamentale ale „organizării peștilor". Atraspis din America de Nord avea o serie de fante branhiale în spatele unor ochi clar identificabili.

Nu sunt cunoscute forme tradiționale. Începutul Silurianului este marcat de o altă mare extincție care a redus fauna Ordovicianului variată la câteva specii. Dar peștii au atins o mare diversitate și eficiență de înot. Această perioadă a fost o perioadă de experimentare pentru plante, care au apărut sub formă de stuf pe maluri, dar cu rădăcinile încă scufundate în apă.

Tranziția de la Silurian la Devonian este una dintre puținele schimbări faunistice în care nu a fost identificată nicio extincție anterioară la scară largă. În Devonian, diversitatea peștilor a atins apogeul. Dar ceea ce marchează începutul său este sosirea plantelor pe uscat. Devonianul s-a încheiat în urmă cu 367 m.a. cu o mare extincție, care a afectat toate animalele, care atunci erau doar marine, dar mai ales amoniții, trilobiții, gasteropodele și peștii.

La începutul Carboniferului, Pământul era populat de o varietate enormă de nevertebrate: păianjeni, scorpioni arboricoli, melci și viermi, care se deplasau printre primii copaci. Și, printre aceștia, și primii amfibieni care apăruseră la sfârșitul Devonianului. Icthyostega avea, în aspectul său morfologic general, anumite reminiscențe ale predecesorilor săi, peștii. Însă el prezenta deja marile modificări anatomice care au făcut posibilă trecerea de la o viață plutitoare în apă la mișcarea pe uscat: avea articulațiile membrelor perfect formate și coaste puternice, ancorate într-o coloană vertebrală solidă, capabilă să reziste greutății întregului corp prin intermediul unor structuri pectorale și pelvine robuste. Deși s-a crezut că originea membrelor și, prin urmare, a mersului pe uscat se află în aripioarele pectorale ale sarcopterigienelor primitive, care, la fel ca sarcopterigienele de astăzi, le puteau permite să se târască prin noroi, o schimbare atât de mare și globală a tuturor acestor structuri ar fi trebuit să lase urme de fosile intermediare. Ei bine, acestea nu există. Rămășițele de amfibieni din Devonian sunt toate foarte asemănătoare cu *Iethyostega*, cum ar fi *Acanthostega* din Groenlanda, *Turlepeton* din Rusia sau *Metaxynathus* din Australia.

În Carbonifer, plantele devoniene primitive s-au diversificat și au crescut în dimensiuni, ajungând până la 40 de metri. Au apărut păduri uriașe de ferigi gigantice, conifere și cordaite, astăzi dispărute, toate gimnosperme. Au apărut și insectele înaripate, la fel de brusc ca amfibienii. Acestea erau deja zburătoare eficiente; existau libelule cu o anvergură a aripilor de peste un metru.

Supraviețuitorii amfibieni primitivi ai extincției din Devonian s-au diversificat și s-au răspândit exploziv pe Pământ, care era format atunci din trei supercontinente: Gondwana în emisfera sudică, Laurasia în zona ecuatorială și Siberia în nord.

La începutul Carboniferului, reptilele apar în același mod brusc. Tranziția morfologică de la amfibian la reptilă este aparent simplă. Dar independența față de mediul acvatic necesită realizări greu de imaginat ca un proces gradual, care va fi analizat în secțiunea următoare.

Primele reptile erau de dimensiuni mici. Micro-saurianele erau asemănătoare șopârlelor, cu dimensiuni de 10-15 cm, și au rămas până la sfârșitul Carboniferului ca o mică faună reziduală, într-o lume dominată de amfibieni (Fig. 10).

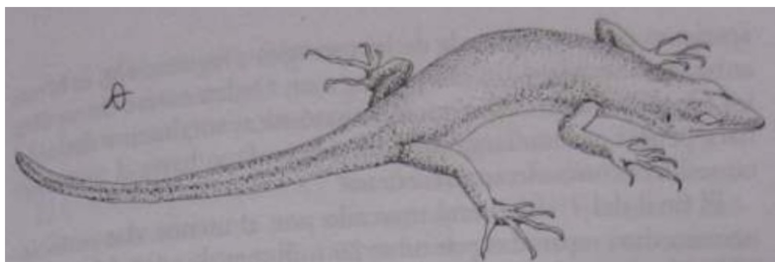


Figura 10.- Până de curând, apariția reptilelor a fost datată la sfârșitul Carboniferului. În 1988, S. Wood a descoperit o fosilă de reptilă în depozitele scoțiene din East Kirkton, aparținând Carboniferului timpuriu, acum aproximativ 350 de milioane de ani. Aceasta a fost denumită Westlothiana lizziae. Primele reptile erau alungite, cu un cap proporțional mai mic decât cel al amfibienilor, precum șopârlele de astăzi, schelet ușor și degete foarte lungi.

Permianul a început cu 268 m.a. în urmă. Supercontinentele se asamblau, pentru a forma un singur supercontinent: Pangeea. Este posibil ca declinul rapid al amfibienilor să fi fost cauzat, în acest caz, de uscarea climei, așa cum reiese din efectele asupra plantelor, care și-au redus varietatea

la jumătate. Aceste condiții au favorizat apariția bruscă a reptilelor. Microsaurii mici și uniformi au făcut loc unei game variate de forme adaptate la toate nișele ecologice posibile: acvatice, precum *Mesosaurus*; planetoare, precum *Coelosaurus*; ierbivore, precum *Moschoros*; și carnivore, precum *Dimetrodon*. Ultimele două aparțin unui grup, Therapsidele, care aveau deja în craniul lor trăsături surprinzător de asemănătoare mamiferelor, dar cu un creier mic de reptilian. De aceea, ele sunt numite „reptile mamifere".

Permianul și, odată cu el, era paleozoică (viața antică) s-a încheiat cu cea mai catastrofală extincție suferită vreodată de Pământ: 75% din familiile de amfibieni și reptile și jumătate din familiile de animale marine au dispărut. Reptilele mamifere au dispărut practic, supraviețuind doar una sau două familii. Primele conodonți erau de mărimea unui câine, cum ar fi *Procynosudrus* și *Thrmaxodoru*. Aveau dinți deja diferențiați în incisivi, canini și molari și se crede că unele endoterme erau deja prezente. Dar Triasicul, care a început în urmă cu 245-208 m.a., a fost o perioadă de radiație a reptilelor care au început o perioadă de dominație absolută pe Pământ, caracteristică Mesozoicului. Acestea au crescut în dimensiuni și au colonizat efectiv toate mediile. Deosebit de mare și bruscă în apariția lor a fost gama de reptile acvatice, în special ihtiozaurii, un exemplu clasic de evoluție convergentă cu rechinii și delfinii. De asemenea, au apărut noi forme de viață marină, cum ar fi coralii hexacorali și stridiile. Dar o apariție spectaculoasă este cea a țestoaselor: *Proganochelys* este cea mai veche țestoasă cunoscută. Odată cu ele apare un întreg Ordin de reptile, Cheloniile. Organizarea lor anatomică complet definită sugerează o istorie îndelungată. Dar până acum nu a fost găsit niciun precedent.

Sfârșitul Triasicului este marcat de cel puțin două extincții succesive separate de aproximativ 20 de milioane de ani. În urmă cu aproximativ 225 m.a., a avut loc o mare catastrofă care a anihilat majoritatea reptilelor terestre care dominaseră până atunci. Cei câțiva supraviețuitori au fost la originea dinozaurilor. A doua extincție, care a marcat începutul Jurasicului, a afectat în special fauna marină, cu pierderea unor familii întregi de pești, crinoide, arici de mare, briozoare... Și, în același timp, au apărut mamiferele, care, timp de 150 m.a., se pare că au rămas ca mici hoinari nocturni în lumea dinozaurilor. Cel mai timpuriu grup de mamifere cunoscut a fost cel al morganucodontidelor, de mărimea unui șoarece. Acestea apar chiar la granița dintre Triasic și Jurasic. În mod surprinzător, la începutul Jurasicului, cele trei linii majore de mamifere erau deja stabilite: multituberculatele, monotremele și terienele (marsupialele și placentarele).

Jurasicul a fost epoca de expansiune a dinozaurilor, dar diversitatea lor enormă răspunde unor variații pe aceeași temă. Studiile cladistice au arătat că dinozaurii constituie un singur „aliat" și că similitudinile lor de organizare nu se datorează unui fenomen de convergență, așa cum se credea anterior, ci unor conexiuni care au existat în realitate. Cucerirea unui mediu atât de „ilogic" din punct de vedere al mecanicii biologice pentru vertebrate precum aerul, a avut o primă încercare cu pterozaurii, care apar și ei în timpul tranziției Triasic-Jurasic, cu forme de mărimea unui pescăruș. Succesul a venit însă la sfârșitul Jurasicului: în situl Solnhofen din Bavaria, în stratele datate la 150 m.a., a apărut în 1860 marea stea a paleontologiei gradualiste: *Archaeopteryx*. De mărimea unui porumbel, acesta avea trăsăturile de bază ale dinozaurilor: vertebre, terminate cu o coadă în formă de pată, dinți și oase nepneumatizate și, alături de acestea, claviculă, pubis și, mai ales, pene de pasăre. Originea treptată a penelor rămâne greu de explicat. Aripa lui *Archaeopteryx* este, în esență aceeași cu cea a unei păsări moderne și, deși anatomia sa generală a fost asociată cu dinozaurii mici teropozi din Cretacicul timpuriu, posibila sa succesiune nu este explicată. Strămoșul său intermediar ipotetic nu a lăsat urme (Fig. 11).

Cretacicul (144-65 m.a.) a fost ultimul episod al Mesozoicului. A început, desigur, cu o nouă extincție, care a afectat în principal grupuri de nevertebrate marine, cum ar fi amoniții, belemniții, plantele gimnosperme și unele familii de dinozauri. Dar este și începutul plantelor cu flori.

Angiospermele existau deja acum 130 m.a.: polenul fosil numit *Clavatipollemtes*, din sud-estul Angliei, confirmă acest lucru. Radiația lor a fost explozivă. Între 120 și 100 m.a. în urmă, diferite tipuri de polen și frunze erau abundente în situri din America de Nord, Rusia și Israel. În Cretacicul timpuriu, odată cu noua radiație a descendenților dinozaurilor care au supraviețuit

extincției din Jurasic, au apărut mai multe grupuri distincte printre multituberculate, monotreme și theriane, care formau varietatea mamiferelor mici și care nu depășeau încă mărimea unei pisici.

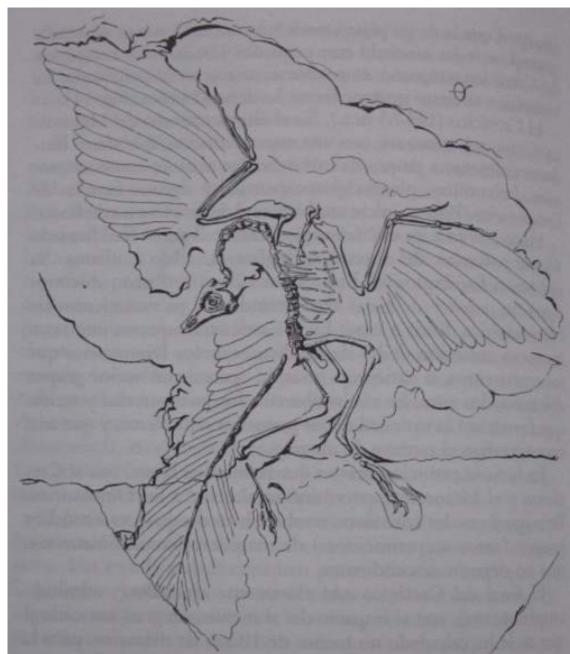


Figura 11 - Anhaeopteryx este considerat un exemplu de „mozaic evolutiv". Această denumire indică faptul că posedă un amestec de caracteristici „primitive" și „avansate" (adică de la strămoșii săi și de la succesorii acestora). Cu toate acestea, impresia pe care o dă este cu totul alta decât una de schimbare treptată. În afară de faptul că nu a fost găsită nici cea mai mică urmă a unui strămoș de tranziție (o tranziție pentru care este nevoie de o perioadă lungă de timp), caracterul său evident de efluent zburător, creditat cu pene lungi perfect formate ale cocoașei și cârmei (care au fost studiate în detaliu în unele impresii fosile perfecte) sunt greu de explicat ca provenind de la solzi transformați treptat în scopuri de izolare „posibile".

Faimoasa extincție în masă care a pus capăt atât perioadei cretacice, cât și celei mezozoice, a eliminat dinozaurii. Dar, la fel ca cele anterioare, a eliminat și multe grupuri (alte „experimente") de mamifere, cum ar fi *Sivaterium*, care nu a lăsat urmași.

Sfârșitul Cretacicului este în mod clar asociat (și acceptat pe scară largă) cu impactul a cel puțin un asteroid de mari dimensiuni, estimat la nu mai puțin de 10 km în diametru, dar extincția pe care a provocat-o a fost, în termeni absoluți, mai mică decât multe dintre cele anterioare. Dinozaurii și reptilele marine, mai multe familii de păsări și multe mamifere, în special marsupiale, au fost eliminate. În mare, extincția a fost, de asemenea, selectivă: unele familii de pești, moluște, ammonite și belemnite și multe grupuri de organisme planctonice.

Deși există dovezi ale unei scăderi globale a temperaturii ca posibilă consecință a concentrației norului de praf ridicat de impact în atmosfera superioară, aceasta nu a fost cu siguranță singura explicație.

Odată cu Paleocenul, în urmă cu circa 66 - 57 m.a., începe Cenozoicul, care este exact ceea ce sugerează și numele său: era vieții recente. Iar acest calificativ, acordat de primii geologi și paleontologi, este pe deplin justificat: dacă la început mamiferele, răspândite pe întinderea pădurilor tropicale și subtropicale, care ajungeau până în zonele polare, erau încă animale mici și uniforme, aparent preponderent arboricole, curând au apărut modelele de bază; recognoscibile astăzi, firește alături de altele care nu au lăsat urmași. Dar chiar și printre acestea din urmă se poate observa un fenomen curios: Creodonții, un ordin dispărut de la începutul Paleocenului, aveau anatomii recognoscibile de „tip dihor, pisică, lup sau câine". Bineînțeles, nu au fost găsiți descendenți direcți, așa cum nu există strămoși „direcți". Ceea ce este sigur este că în Paleocenul foarte recent, marile modele actuale de mamifere erau deja larg răspândite: ungulate, carnivore, insectivore, fără dinți,

monotreme, marsupiale, rozătoare, chiar primate. Restul poveștii sunt variații pe aceeași temă... deși cu un echilibru intermitent, separat de salturi bruște (Fig. 12).



Figura 12.- Intenția acestei ilustrații nu este de a arăta evoluția exactă a tuturor formelor de viață, ci de a arăta un fenomen observat de paleontologi din cele mai vechi timpuri: fauna suferă schimbări drastice în fiecare perioadă geologică (uneori dând nume acestor perioade). „Noile” tipuri de organizare apar brusc și, în general, în apropierea schimbării epocale și rămân adesea sub forma unei «faune reziduale» până când noua schimbare pare să le favorizeze expansiunea.

Această prezentare grăbită este, fără îndoială, o „supersimplificare” a unor evenimente extrem de complexe și inimaginabil de lungi. Ea reflectă însă un fenomen incontestabil, care contrazice în mod flagrant ipoteza evoluției treptate: în registrul paleontologic nu există etape de

tranziție între tipurile majore de organizare animală sau vegetală (și, în multe cazuri, la niveluri inferioare) (Fig. 13).

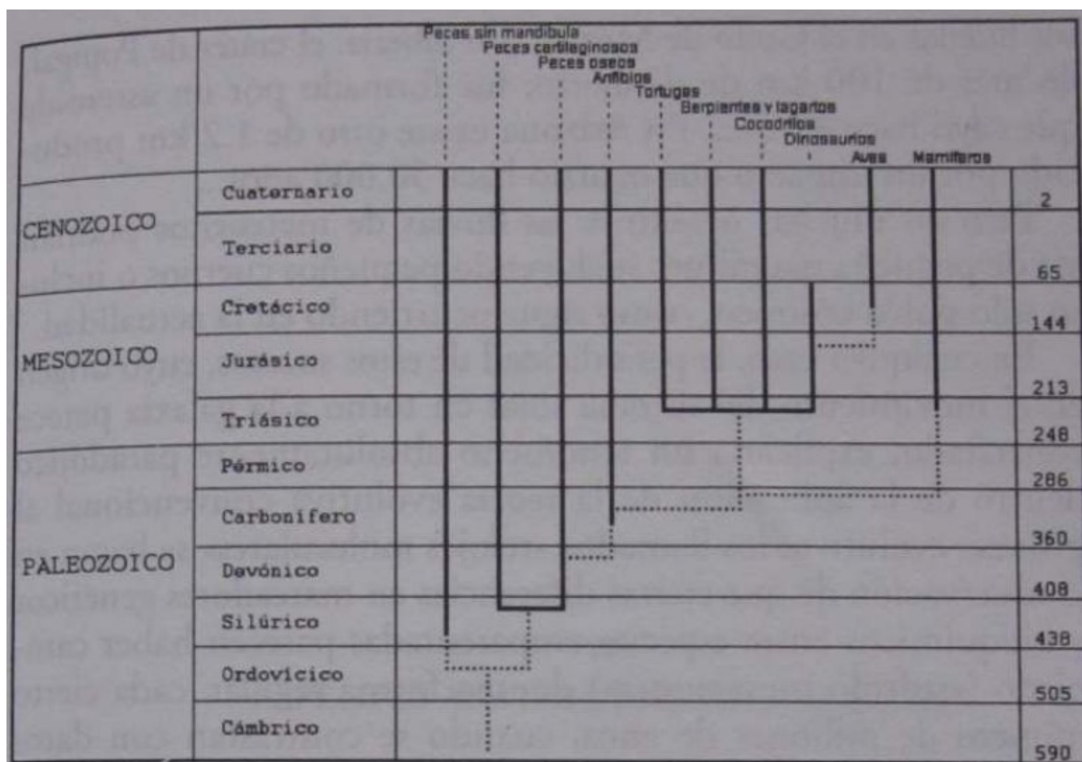


Figura 13 - „Arborii genealogici” atât de asociați cu modul de gândire gradualist sunt abandonați în fața dovezilor privind absența datelor privind stările „de tranziție” sau „verigile lipsă”, concepte atât de dragi teoriei sintetice. Vederea pe scară largă a aparițiilor marilor taxoni zoologici nu numai că nu relevă o transformare treptată „dintr-una în alta”, dar arată cum, odată apărute, acestea rămân foarte stabile. Singura excepție pare să fie dinozaurii. Cu toate acestea, pentru mulți paleontologi, păsările sunt „dinozauri vii”.

Natura fracționată a înregistrărilor fosile poate fi invocată pentru a justifica acest lucru. Dar înregistrarea fosilă este din ce în ce mai completă și ne-am aștepta ca, cel puțin în unele cazuri, aceasta să ofere un exemplu. Cu toate acestea, acest lucru nu s-a întâmplat niciodată. Chiar și „dovezile” aparente (și puține) în acest sens, cum ar fi „reptilele mamifere” sau celebrul *Archaeopteryx*, nu numai că contrazic ipotetica evoluție graduală și aleatorie, dar dau impresia că există un proces de schimbare evolutivă care implică mecanisme complexe la lucru în controlul unor modificări atât de drastice. (Aceste două fenomene sunt adesea explicate difuz în teoria sintetică sub titlurile de „evoluție mozaic” și „preadaptări”).

Periodicitatea schimbării și ceasurile moleculare

Relația dintre aceste salturi bruște în caracteristicile anatomice ale ființelor vii și căderile periodice de asteroizi pe Pământ nu poate fi privită ca un eveniment sistematic și imediat. Și nici nu trebuie ca aceste căderi să fi fost întotdeauna de aceeași magnitudine. Marile impacturi de asteroizi au lăsat urme identificabile doar în câteva cazuri: craterul Maniconagan din Canada, cu un diametru de aproximativ 70 km, corespunde celui al unui asteroid cu diametrul de aproximativ 10 km care a căzut acum aproximativ 210 m.a. (la sfârșitul Triasicului). Cel care a marcat sfârșitul Cretaciculului și-a lăsat urmele în Golful Mexic. În Siberia, craterul Popigai, cu un diametru de peste 100 km, a fost format de un asteroid care a căzut în urmă cu 40 m.a. În Arizona, există un alt crater de 1,2 km format de un impact care a avut loc în urmă cu 50.000 de ani...

Dar în multe ocazii ploile de meteoriți puteau fi de mică amploare, incluzând corpuri mici sau chiar doar praf cosmic, așa cum se întâmplă și astăzi.

În orice caz, periodicitatea acestor evenimente, a căror origine în mișcarea sistemului solar în jurul galaxiei pare să fie bine stabilită, ar explica un fenomen absolut paradoxal în aplicarea teoriei evoluționiste convenționale la procesul de evoluție: așa-numitele „ceasuri moleculare" se bazează pe observația că anumite diferențe ale markerilor genetici și biochimici între specii înrudite par să se fi modificat („mutat") în mod regulat, la fiecare câteva milioane de ani, în comparație cu datele din arhivele fosile. Aceasta este o contradicție flagrantă cu teoria, care bazează evoluția pe mutații punctuale aleatorii. Cu toate acestea, nimeni nu contestă acest fapt curios, care pare să se potrivească destul de bine cu datele paleontologice pe perioade lungi de timp.

Dar mai este ceva: dacă ipoteza că aceste ploi de asteroizi ar fi putut aduce pe Pământ microorganisme purtătoare de secvențe complexe cu conținut biologic nou este adevărată, aceasta ar explica schimbările bruște de organizare pe care tot timpul din lume nu le-a putut justifica prin schimbări treptate, aleatorii.

VI

ASPECTE ANATOMICO-FUNCȚIONALE

Încă de la originea organismelor complexe, metazoarele, faptele sunt greu de explicat prin teoria evoluționistă bazată pe evenimente aleatorii care acționează prin mutații punctuale. Fauna simplă din Ediacaran, cu structurile sale diferențiate, implică în mod necesar un mecanism extrem de complex de creare a unei serii de celule cu funcții diferite, care lucrează în coordonare. Aceasta implică în mod necesar procese de diferențiere și de reglementare care fac posibilă variabilitatea celulară, precum și un mecanism embrionar, oricât de simplu ar fi acesta. Este de necontestat faptul că apariția acestor procese de la un strămoș bacterian simplu sugerează o schimbare care este greu de explicat ca rezultat al selecției naturale care acționează asupra mutațiilor aleatorii, indiferent de timpul care a trecut.

Dar mult mai dificil de explicat în acești termeni este fauna cambriană. Apărută brusc (strict vorbind) după o extincție care a redus la minimum fauna anterioară, ea prezintă o varietate de structuri care au justificat cele mai colorate teorii pentru a o explica ca fiind o „invenție a evoluției": scheletele externe, carapacele, structurile musculare, picioarele articulate, spinările, gurile răzuitoare, organele de foraj etc. și, mai ales, diferitele tipuri de organizare necesită o complexitate și o coordonare a mecanismelor genetice și embrionare drastic superioare și diferite de cele ale predecesorilor lor, care nu pot fi justificate ca adaptări la mediu, chiar dacă acestea din urmă pot condiționa diferitele „nișe ecologice" ocupate rapid de această faună virgină.

Trecerea la „organizarea peștilor" pare mai ușor de înțeles în contextul evolutiv convențional. O larvă mobilă de echinoderm ar fi putut fi la origine. Dar acest fenomen, în sine surprinzător, nu clarifică originea unui creier și a unei măduve protejate și izolate de restul corpului de un schelet osos care caracterizează vertebratele. În prezent, nu există fosile de tranziție, deși au existat încercări de a le găsi, aparent cu puțin consens, la calcichordate.

Cu toate acestea, cea mai dificilă schimbare anatomică și funcțională de explicat din punct de vedere evolutiv este trecerea la mediul terestru, care a avut loc în timpul tranziției de la Devonian la Carbonifer. Viața și-a petrecut 9/10 din istorie în apă. Saltul la mediul terestru implică modificări fiziologice atât de mari (sistemul excretor, echilibrul apă-sare, sistemul respirator...) încât conjuncția necesară pentru reglarea coordonată a tuturor acestor procese nu poate fi explicată decât dacă apare cu un scop anume, întrucât acumularea sa prin procese aleatorii ar fi aproape imposibilă.

Coincidența aleatorie a acestor modificări fiziologice cu modificările anatomice necesare pentru deplasarea pe uscat reduce probabilitățile la o valoare cât mai apropiată de 0. Fără etape intermediare, primii amfibieni aveau deja un schelet perfect format pentru a rezista diferențelor mecanice uriașe care separă mișcarea plutitoare de mersul pe uscat. O coloană vertebrală solidă, în care erau articulate coaste robuste pentru a susține viscerele (care anterior „pluteau" în interiorul peștelui) și în care erau ancorate centuri pectorale și pelvine puternice, capabile să suporte stresul produs de mers prin intermediul unor membre cu articulații perfect formate ale umărului, cotului și încheieturii mâinii (Fig.14).

Ce stimul de mediu ar putea exista pentru a justifica acest uriaș salt evolutiv din punct de vedere convențional?

Ipoteza trecerii de la un iaz la altul în perioadele de secetă, acceptată încă din anii 1950, a fost abandonată, nu numai din cauza rarității dovezilor de secetă pe o planetă acoperită în cea mai mare parte de apă, ci și pentru că aceste treceri sporadice nu justificau majoritatea adaptărilor la mediul terestru. Singura ipoteză luată în considerare în prezent este și mai fragilă decât precedenta: căutarea de resurse (oxigen și hrană) pe uscat. La animale precum strămoșii amfibienilor, perfect adaptate să se deplaseze în ape care sunt un focar de hrană, deplasările lor inițiale stângace pe uscat nu le-ar aduce mari avantaje, în timp ce concentrația mare de oxigen din aer le-ar cauza grave probleme respiratorii.

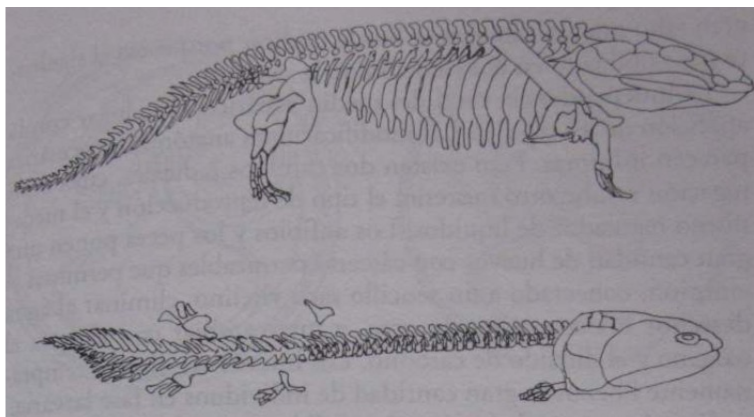


Figura 14.- Tranziția dintre organizațiile anatomice și funcționale ale peștilor și amfibienilor este ușor de explicat într-un mod simplist. Coelacanții și peștii plămâni de astăzi au un schelet rudimentar în aripioarele pectorale și pelviene. La peștii de noroi, aripioarele frontale le permit să se târască pe noroi și astfel să iasă din apă, ceea ce ar putea fi considerat „pasul inițial" al tranziției. Însă transformarea acestei forme de mișcare într-un adevărat mers terestru, cu corpul ridicat de la sol, necesită modificări anatomice și funcționale majore simultane care afectează întregul schelet în ansamblul său.

Este adevărat că peștii sarcopterigieni primitivi aveau înotătoare pectorale cu caracteristici care puteau fi transformate în viitoare membre. Dar acest lucru indică doar că a existat o bază pentru un mare salt care poate fi explicat doar prin faptul că a fost următorul pas obligatoriu în evoluția vieții.

Independența totală față de mediul acvatic s-a produs odată cu apariția reptilelor. Modificările anatomice necesare par minime. Dar există două schimbări radicale, a căror combinație este un alt mister: tipul de reproducere și mecanismul de reglare a fluidelor. Amfibienii și peștii depun un număr mare de ouă cu cochilii permeabile care permit embrionului, conectat la un simplu sac vitelin, să elimine în apă deșeuri toxice precum ureea și să facă schimb de oxigen și dioxid de carbon cu apa. Ouăle eclozează temporar, eliberând un număr mare de larve.

La reptile, ouăle sunt depuse în număr mic și nu există stadiu larvar. Oul este însă extrem de complex: coaja este semipermeabilă, pentru a împiedica evaporarea fluidelor interne. În plus, apar o serie de membrane adaptate unor funcții foarte specifice: amnionul, umplut cu lichid, protejează mecanic embrionul, membrana vitelină înconjoară hrana, alantoza primește substanțele reziduale, care trebuie să fie în principal sub formă de acid uric în locul ureei toxice, care în mediile acvatice este eliminată dizolvată în apă, și în sfârșit corionul, care învăluie întregul (fig. 15).

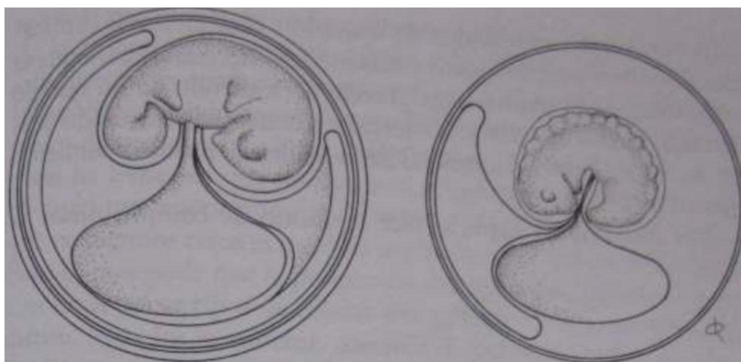


Figura 15.- Reproducerea în mediul terestru este un salt calitativ greu de explicat ca proces gradual și aleatoriu. Chiar și în cazul animalelor capabile să se deplaseze eficient pe uscat, cum ar fi amfibienii, depunerea ouălor în apă prezintă atât de multe avantaje fiziologice și funcționale încât este dificil de înțeles ce fel de stimuli de mediu ar favoriza „pașii inițiali" pentru a produce simultan fertilizarea internă și un ou capabil să supraviețuiască pe uscat.

Toate aceste modificări trebuie să aibă loc împreună și simultan cu modificările anatomice necesare fecundării interne, cu modificările pielii pentru a împiedica evaporarea apei, care are loc la amfibieni, și cu modificările fiziologice și metabolice necesare pentru a reține apa în organism... O sarcină complicată pentru mutațiile aleatorii.

Dar poate cea mai dificilă schimbare organizațională de explicat prin aceste mecanisme este dobândirea statutului de mamifer. Trecerea treptată de la mecanismul reproductiv de depunere a ouălor la nașterea de indivizi complet formați este dificil de explicat. Dar și mai dificil de explicat sunt numeroasele procese interconectate pe care le implică această nouă achiziție. Apariția celor trei neamuri actuale, monotreme (ouătoare precum ornitorincii și echidnele), marsupiale și placentare a fost aparent simultană, ca urmare a unei radiații în Jurasicul timpuriu, și nu sunt considerate etape intermediare într-un proces evolutiv, ci ramuri echivalente. Dar, chiar dacă ar fi reprezentanți ai unor posibile «etape» de tranziție, «organizarea mamiferelor» implică o serie de condiții care nu pot fi explicate ca fiind dobândite independent, deoarece una depinde de cealaltă.

Placenta este un mediu extrem de eficient de aprovizionare cu nutrienți și de schimb metabolic, permițând un metabolism complex la mamifere. La rândul său, aprovizionarea rapidă cu nutrienți are o legătură directă cu dezvoltarea creierului (ceea ce poate fi observat prin compararea placentatelor cu monotremele și marsupialele). Această dezvoltare a unui creier mai eficient, care guvernează un sistem nervos mai complex, le permite o viteză și o coordonare mai mare a mișcărilor, ceea ce, la rândul său, este posibil datorită modificărilor scheletului (centură pectorală mai mobilă decât la reptile și coloană vertebrală și articulație a gleznei mai flexibile) și mecanismelor de termoreglare, împreună cu rata metabolică ridicată. Toate acestea sunt legate de o capacitate de apariție total inexplicabilă: modificările fiziologice și metabolice necesare organismului mamei pentru a face posibilă dezvoltarea unui corp străin în interiorul ei și în contact intim. La aceasta se adaugă lactația, adică capacitatea mamei de a produce hrană în interiorul ei (fig. 16).

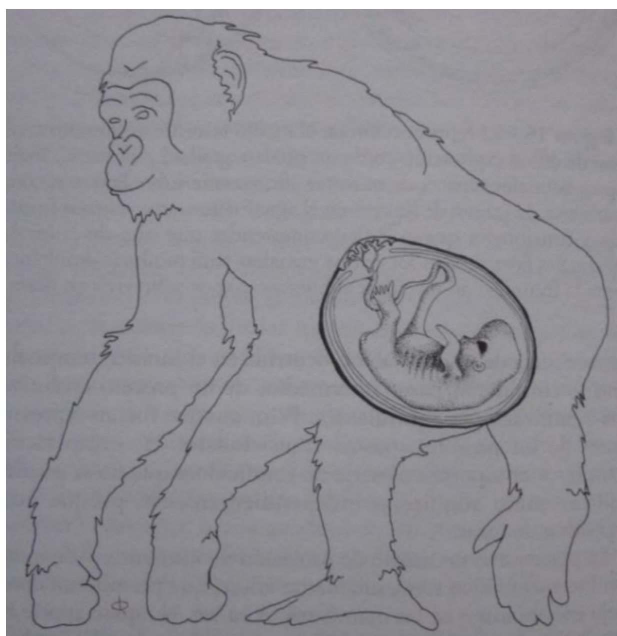


Figura 16.- Tranziția între organizarea anatomică a reptilelor și cea a mamiferelor pare să arate, în arhivele fosile, candidați precum cynodonții reptilieni, cu anumite caracteristici morfologice intermediare în scheletul lor. Se poate chiar specula, pe baza unor date indirecte, cu privire la dobândirea unor caracteristici precum homeotermia, inclusiv blana, în starea reptiliană. Însă trecerea de la reproducerea ovipară la sistemul complicat, periculos (și aproape absurd în comparație cu eficiența ouatului) al mamiferelor este greu de explicat în termeni evolutivi convenționali.

Încercările de a explica acest set de procese interconectate extrem de complexe (și noi) ca fiind rezultatul „intervenției” selecției naturale care acționează asupra unor mici mutații „nedirecționate” conduc la argumente retorice și inconsistente.

„Obligația” de a nega o tendință către niveluri mai complexe de organizare conduce la afirmația că «un creier mai complex nu trebuie să fie o adaptare mai utilă decât, de exemplu, un număr mai mare de picioare» (la aceasta se poate răspunde că, în unele cazuri, este posibil, în funcție de modul în care este utilizat creierul).

Dar este incontestabil că evoluția de la primele metazoare cu câteva tipuri de celule diferite și un sistem nervos difuz, la mamifere cu peste două sute de tipuri de celule diferențiate în organe și funcții complicate și un creier atât de eficient și complex, a trecut printr-o gradație clară a nivelurilor de complexitate. Acest fapt are, de altfel, o conotație interesantă din punctul de vedere al metodologiei științifice: utilizarea abuzivă a muștelor (*Drosophila*) și a nematodelor (*Caenorhabditis*) pentru a extrapola mecanismele genetice ale acestora la restul regnului animal este echivalentă cu utilizarea ferigilor pentru a înțelege întreaga variabilitate biologică vegetală. Complexitatea organică crescândă observată de-a lungul procesului evolutiv nu poate fi explicată ca rezultat al diferitelor combinații ale aceluiași material genetic. Aceasta necesită agregarea de noi elemente, de noi informații.

VII

ASPECTE EMBRIOLOGICE

Implicația dezvoltării embrionare în evoluția biologică este evidentă. Într-adevăr, ontogeneza este mecanismul prin care sunt diferențiate diferitele organizații generale ale organismelor, precum și țesuturile și organele.

Cu toate acestea, de când E. Haeckel a publicat în 1874 „Legea biogenică fundamentală", conform căreia ontogeneza este recapitularea filogenezei, iar filogeneza este motorul ontogenezei, rolul procesului de dezvoltare embrionară în evoluție a fost mai degrabă marginalizat. Este posibil ca unul dintre motive să fie acela că, atunci când au putut fi observate în detaliu primele stadii ale embrionilor diferitelor animale (pești, reptile, păsări și mamifere), care, potrivit lui Haeckel, erau identice, s-a putut constata că acesta a forțat asemănările, în special între primele două. Acest lucru a condus la concluzia că, deși exista o anumită similitudine, aceasta era doar superficială și s-a ajuns la formularea corectă a relației dintre ontogeneză și filogeneză, așa cum a afirmat Darstand în 1922: „ontogeneza nu recapitulează filogeneza; ea o creează".

Marile realizări ale biologiei moleculare din ultimii ani s-au concentrat asupra căutării mecanismelor genetice responsabile de trăsăturile și variațiile individuale, lăsând deoparte procesele ontogenetice complexe prin care se execută informațiile din programul genetic. Concluziile sale merg direct de la genă la organism. O simplificare care este evidentă în „descoperirile științifice" recente, atât de apreciate și atât de mediatizate. „Descoperirea" «genei» homosexualității, a «genei» jocurilor de noroc compulsive sau a «genei» rebeliunii (care ne va conduce inevitabil la «descoperirea» «genelor» notarilor sau medicilor ORL) fără a lua în considerare interrelația enormă și complicată a fenomenelor biologice, culturale și sociale care conduc la anumite comportamente.

Cu toate acestea, o ramură a biologiei moleculare a preluat calea cercetării mecanismelor ontogenetice în raport cu programul genetic. Genetica moleculară a dezvoltării" a dezvăluit existența unui sistem genetic care reglează dezvoltarea la musca *Drosophila melanogaster*. Înainte de diferențiere, genele de polaritate acționează pentru a orienta axele organismului (anterior-posterior, dorso-ventral...). Genele de segmentare controlează apariția segmentelor: șase cefalice, trei toracice și opt abdominale. Genele homeotice conferă fiecărui segment structura sa proprie și sunt grupate în două complexe: Antennapedia și Bithorax. De exemplu, al doilea segment toracic are o pereche de picioare și o pereche de aripi. În cel de-al treilea, în loc de aripi, există două brațe mici sau haltere (Fig. 17).

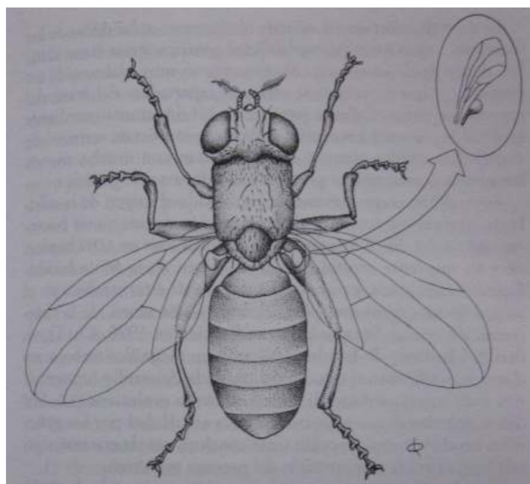


Figura 17.- Prin manipularea clusterelor de gene implicate în al treilea segment toracic al Drosophilei, s-a obținut formarea unui apendice format dintr-un fragment de aripă și o schiță de braț oscilant. Acest lucru nu numai că nu demonstrează posibilitatea tranziției între o structură și cealaltă, dar arată și că genele activate exprimă una sau alta în mod exclusiv.

Astfel, există un sistem de reglementare a dezvoltării care modifică expresia genelor în diferite structuri fără a modifica informația genetică. Acest lucru este evidențiat de inactivarea timpurie a unui anumit grup de gene în al treilea segment, apărând două aripi în locul balansierelor.

Semnificația evolutivă a acestui fenomen ar putea fi aceea că genele au fost inactivate de când strămoșul dipterelor *Drosophila* și-a pierdut utilizarea cu aproximativ 200 de milioane de ani în urmă.

Dar poate că este mai eficient să nu ne oprim la o veche „ramură laterală" a lanțului evolutiv, ci să ne întoarcem la început: primatele împărtășesc cu restul mamiferelor mecanismele care determină formarea placentei, a glandelor mamare, a firelor de păr și nașterea de pui vii. Cu acestea și cu restul amniotelor, care includ păsările și reptilele, împărtășim mecanismele care fac posibilă supraviețuirea în afara apei, cum ar fi sistemele de echilibru osmotic și al apei și fertilizarea internă. Cu amfibienii și peștii, care completează filonul cordaților, scheletul intern care protejează sistemul nervos și simetria bilaterală, cu nevertebratele, celulele diferențiate cu organitele și metabolismul lor și instrucțiunile lor genetice diferite și, în sfârșit, cu bacteriile, ADN-ul haploid al celulelor sexuale și mecanismele de reglare a expresiei lor.

Reproducerea sexuală, situată în mod evident la rădăcina metazoarelor, ca sursă de variabilitate genetică și, prin urmare, celulară, are, de la originea sa, un mecanism foarte elaborat: un mic grup de celule este rezervat „separat" de restul organismului, ale cărui celule sunt înlocuite în mod continuu prin diviziune, ceea ce face ca „erorile de copiere" să fie mai probabile. Celulele sexuale care se divid mult mai rar își păstrează astfel informațiile genetice protejate.

Dacă originea celulei eucariote ca rezultat al agregării a două sau mai multe bacterii este acceptată ca fiind clar stabilită, nu este dificil să ne imaginăm bacteriile, cu ADN-ul lor haploid și morfologia lor sugestivă, la originea fertilizării. În consecință, și prin pură logică, ele trebuie să fie și la originea organismelor pluricelulare și, prin urmare, a diferențierii celulare. Să vedem consecințele: în 1990, Ch. Devillers, J. Charline și B. Laurin au publicat o lucrare magnifică în care făceau apel la studierea dezvoltării ontogenetice uitate pentru a înțelege mecanismele evolutive. Datele lor, aparent marginalizate astăzi de geneticienii neodarwiniști, oferă concluzii de o importanță enormă pentru înțelegerea procesului evolutiv.

Una dintre acestea, de natură foarte generală și care se leagă într-o oarecare măsură de datele din capitolul anterior, este că procesele ontogenezei sunt în general foarte limitate, dar există unele care sunt „aproape imuabile", în special „primele etape prezintă limitări intense și sunt conservatoare din punct de vedere evolutiv". Este posibil ca acestea să nu se fi schimbat de la originea reproducerii sexuale.

Abordarea de bază a teoriei sintetice, conform căreia variația biologică implică un genom organizat liniar, ale cărui gene pot fi tratate de calculul geneticii evolutive ca fiind independente unele de altele, ar acorda oricărui genom o capacitate de variație aproape infinită. „O selecție naturală omniprezentă ar accepta sau ar respinge această sau acea variantă genetică sau combinație a acestora și ar decide „soarta evolutivă" a organismelor. Viața speciilor în spațiu și timp ar fi prezentată ca o loterie perpetuă, iar cu timpul, orice ar fi posibil". Pentru autori, „aceasta este o poziție reducționistă nesustenabilă. Nu toate realizările genetice sunt cu adevărat posibile. Există un număr limitat de realizări fenotipice pentru fiecare plan de organizare".

Genomul apare acum ca un „sistem organizat în niveluri funcționale ierarhizate și interconectate". Gena nu mai este un „individ liber" (disprețuitoarea genă egoistă), ci un membru al unei „societăți", ale cărei mecanisme de corecție îi limitează „vitezele" de variație, în cadrul unora posibile, iar al altora imposibile. „Căile de dezvoltare au proprietăți capabile să „astupe" impactul fenotipic al anumitor variante genetice și să le mențină în limitele speciilor; nu știm încă cum să deturnăm dezvoltarea de la o specie la alta".

Cu toate acestea, stabilitatea acestor căi nu ar implica faptul că ele sunt imobile. Este clar că selecția naturală a acționat asupra ființelor vii. Dar ar fi numai asupra caracterelor determinate în etapele finale ale dezvoltării embrionare, a căror rigiditate scade pe măsură ce se trece de la cele inițiale „aproape imuabile", cum ar fi cele care determină organizarea generală (simetrie, axe...), la altele ulterioare, mai „deschise" și susceptibile de modificări minore.

Exemplul sistemelor timpurii de reglementare a dezvoltării la *Drosophila* este foarte ilustrativ: genele selectoare arată „constrângerea” prin alternative binare; un sistem de reglementare a dezvoltării poate produce fie o aripă, fie un balansoar, fără posibilitatea unor etape intermediare.

Concluziile finale ale lucrării sunt foarte sugestive: la niveluri înalte, „poate exista o comunicare între diferite planuri de organizare, de exemplu între construcțiile păsărilor și cele ale mamiferelor; divergența de la starea ancestrală a reptilelor ar putea fi comparabilă cu o alegere binară. Așadar, aceste forme intermediare, atât de des pierdute și atât de des dorite, au existat întotdeauna? În multe cazuri, nu sunt ele pur și simplu rodul imaginației, impregnate de nevoia de serie continuă? Aceste procese au jucat, fără îndoială, un rol enorm în evoluție: „discontinuitatea nu ar fi contingentă, legată de lacunele documentare, ci fundamentală, atribuibilă mecanicii evolutive”. Autorii încheie articolul cu o frază care nu va fi nouă pentru cititorii acestei lucrări: „nu totul este posibil, indiferent de cât timp trece”.

Din toate punctele de vedere, se acumulează dovezi împotriva argumentelor teoriei sintetice a evoluției. Ipoteza „schimbărilor bruște” în evoluție devine din ce în ce mai consistentă, dar în același timp este din ce în ce mai dificil de explicat originea mecanismului genetic al acestor fenomene complex interconectate.

VIII

ASPECTE GENETICE

Pe măsură ce cunoştinţele despre structura şi organizarea materialului genetic cresc, relaţia dintre acestea şi selecţia naturală ca fundament şi forţă motrice a evoluţiei devine mai dificilă. Noile dovezi conduc la interpretări contradictorii, care sunt adesea rezolvate pe baza adecvării lor la dogma selecţiei care acţionează asupra mutaţiilor aleatorii.

Dar ar fi şi mai dificil de interpretat dacă, în loc să se limiteze la caracteristicile structurale, biochimice sau la proteinele codificate de aceste gene, ar trebui să traducă aceste interpretări în indivizi adulţi, capabili să se reproducă, care ar fi cei asupra cărora ar acţiona selecţia naturală.

Între toate organismele eucariote, există o variabilitate enormă în ceea ce priveşte dimensiunea genomului. Această variabilitate nu este legată nici de complexitatea organismelor, nici de numărul de gene care codifică diferite proteine. De exemplu, salamandra *Triturus cristatus* are de şase ori mai mult ADN decât omul. Dar dacă luăm în considerare doar ADN-ul „activ", numărul de gene la om este de zece ori mai mare decât la *Drosophila*, iar genele care controlează doar funcţiile creierului nostru sunt de trei ori mai multe (fig. 18).

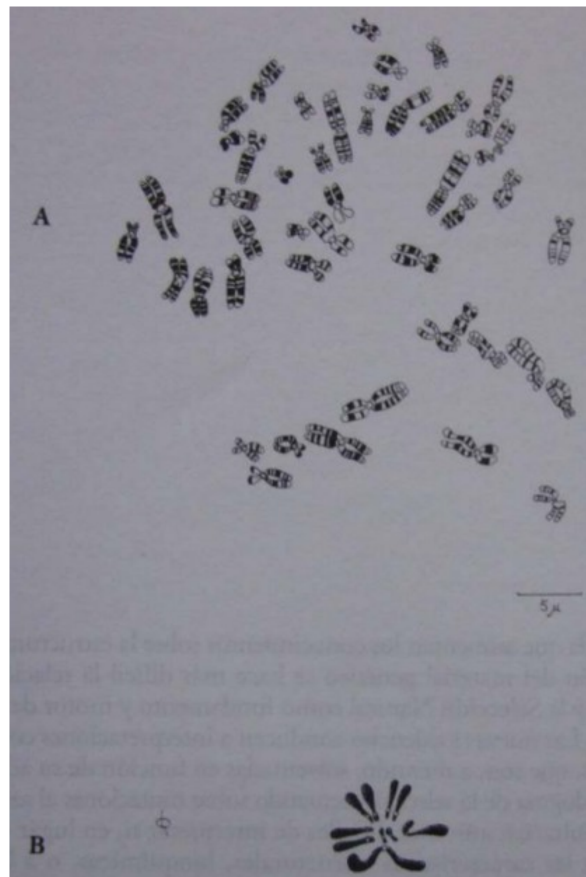


Figura 18 - Faptul că într-o salamandră există o proporţie mai mare de ADN repetitiv decât la om este un indiciu al improbabilităţii ipotezei conform căreia creşterea complexităţii genetice este o consecinţă a duplicării genelor primitive şi a mutaţiilor şi combinaţiilor lor ulterioare. Proporţia de ADN activ la om (A) faţă de Drosophila (B) şi relaţia sa cu diferenţa enormă în complexitatea funcţiilor pentru care codifică, sugerează necesitatea încorporării de noi informaţii genetice, care este puţin probabil să rezulte din combinaţii aleatorii de material existent anterior.

Aceste diferenţe se datorează faptului că există proporţii mari de ADN repetitiv şi „necodificator", care variază de la un organism la altul (la om, aproximativ 90% din genom). Această rezervă rară de material genetic este alcătuită din ADN satelit şi microsatelit (secvenţe

repetate în tandem) și elemente transpombile, o formă dispersată de secvențe repetate care sunt, de asemenea, mobile în genom și multe dintre ele sunt autoreplicante.

Din punctul de vedere al teoriei sintetice, existența lor este justificată ca demonstrație a performanței „ADN-ului egoist" (de origine obscură), care se menține „datorită capacității sale de replicare în cadrul genomului". În acest scop, modelele geneticii populațiilor presupun, în ecuațiile lor din ce în ce mai complicate, că aceste elemente sunt „nefuncționale", adică neutre sau ușor dăunătoare. Substituțiile de baze nucleotidice în aceste secvențe trebuie să fie „selectiv neutre". Explicația pentru faptul că dimensiunea lor nu crește la nesfârșit este că trebuie să existe un fel de selecție împotriva mărimii excesive. A fost propus un mecanism pur fizic: ratele scăzute de diviziune celulară cauzate de un genom mare ar fi mai puțin dăunătoare în organismele cu dezvoltare lentă. Acest lucru ar face posibilă acumularea unui număr mare de secvențe repetitive de către speciile cu dezvoltare lentă. Cu toate acestea, fenomene precum diferențele dintre salamandre și oameni sau diferențele uriașe în ceea ce privește dimensiunea genomului între specii strâns înrudite fac puțin probabil ca selecția naturală să acționeze pentru menținerea acestor secvențe. De fapt, a fost dezvoltată o teorie evoluționistă pentru a le explica, „Molecular Drive", în care selecția naturală nu este implicată.

Pe de altă parte, au fost descoperite anumite proprietăți ale acestui material care complică și mai mult interpretarea sa în cadrul canoanelor „ortodoxe". De exemplu, heterocromatina constitutivă a *Drosophila*, care este bogată în secvențe satelit, a demonstrat o activitate biologică clară: participă la asamblarea anumitor proteine și joacă, de asemenea, un rol activ în segregarea cromosomală achiasmatică. Și, mai presus de toate, este o parte constitutivă a telomerelor și centromerelor tuturor celulelor, jucând astfel un rol activ într-o funcție esențială: *mitoza*. Dar, deși această implicare într-un proces atât de fundamental indică în mod clar că proprietățile acestui ADN au o funcție biologică și un „sens", interpretarea „acceptată" a activității sale este că „aceasta poate fi pur și simplu un răspuns la prezența sa în genom".

Această atitudine „defensivă" față de implicațiile evolutive ale proprietăților ADN-ului repetitiv este dusă la extreme mai generale. Observarea acestor fapte i-a determinat pe unii oameni de știință să sugereze timid că secvențele repetitive pot fi importante din punct de vedere funcțional pentru organismul care le conține și că acestea au fost menținute deoarece capacitatea lor mutagenă contribuie la potențialul evolutiv pe termen lung al populației. Dar interpretarea ortodoxă (Charles Worth et al., 1994) este că aceste activități pot fi mai degrabă consecințe, decât cauze, ale prezenței acestor secvențe repetitive. În articolul publicat în revista *Nature* în septembrie 1994, autorii citați demonstrează cum calculele teoretice și empirice din genetica populațiilor, bazate pe ipoteza că ADN-ul repetitiv este „nefuncțional", și prin ecuații complicate și sprijin suplimentar din partea fenomenelor stohastice, se potrivesc unui model de evoluție a acestor secvențe conform ipotezei „ADN-ului egoist".

Aceste argumente, care sunt de obicei acceptate ca o modalitate suplimentară de interpretare a datelor, constituie cel mai mare și mai irațional paradox care poate fi găsit în teoriile evoluționiste moderne: opoziția sistematică de a acorda evoluției organismelor cea mai mică tendință, ca să nu mai vorbim de finalitate (deoarece evoluția este, sau trebuie să fie, aleatorie și fără direcție), conduce la acordarea acestei finalități unei combinații de baze nucleotidice care, întâmplător, au fost constituite la întâmplare.

Transpozoni „egoiști"

Dar, după cum vom vedea mai jos, proprietățile biologice ale acestor elemente le conferă activități care demontează toate premisele formulelor utilizate în modelele matematice ale geneticii populațiilor. O mare parte din ADN-ul repetitiv dispersat în eucariote este formată din elemente transpozabile. Acestea sunt secvențe capabile să se insereze sau să insereze copii ale lor în noi locuri din genom (se poate observa o schimbare de la părinte la descendent). S-a demonstrat că aceste inserții de elemente transpozabile cauzează numeroase mutații cu efecte fenotipice evidente,

unele implicate în variația caracterelor cantitative, altele blocând activitatea genelor din apropiere, ducând uneori la boli (fig. 19).

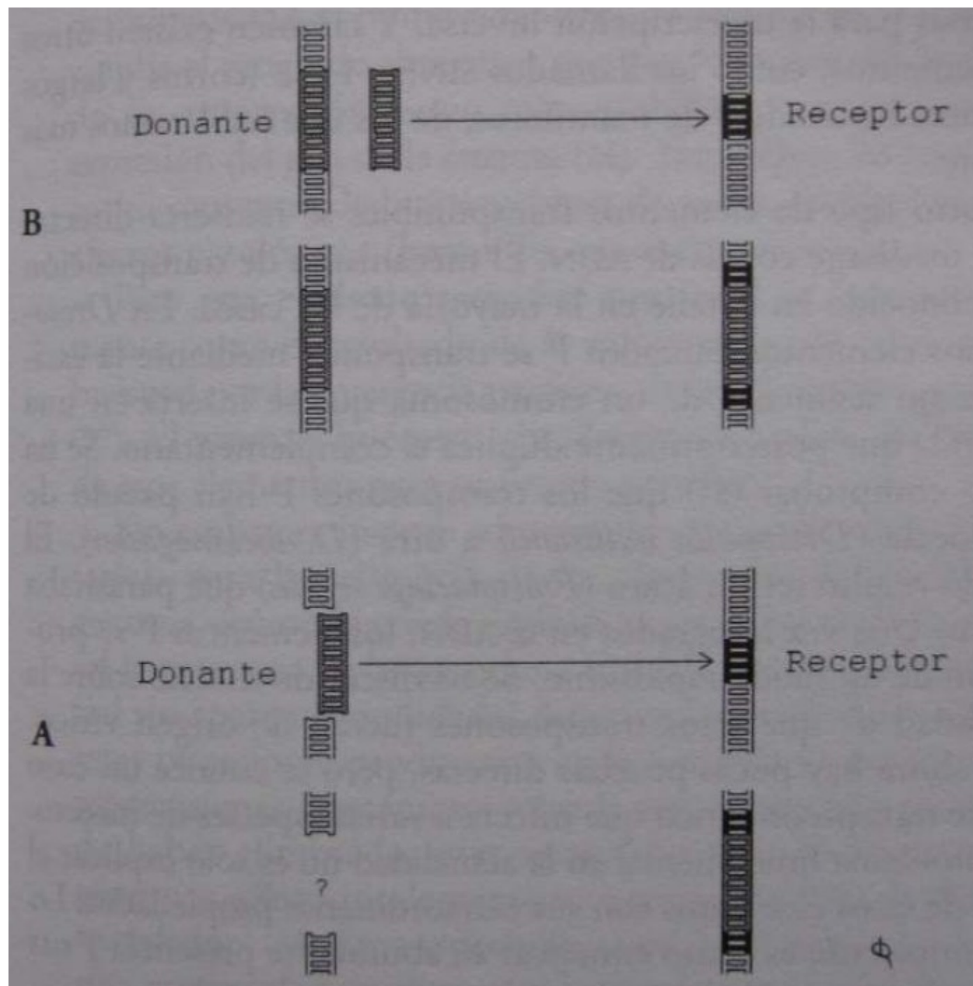


Figura 19.- Transpozonii se deplasează ca entitate fizică de la un loc al cromozomului la altul. Există două mecanisme posibile de transpoziție. În transpoziția conservativă (A), „elementul mobil al genei" se deplasează direct de la un site donor la un site receptor. Locul donor poate fi reparat ulterior. În transpoziția replicativă (B), locul donator este copiat în transpozonul care este inserat în recipient. Site-ul donator rămâne neschimbat. Astfel, transpoziția duce la o creștere a numărului de copii ale transpozonului.

Aceste elemente, care există și la plante, au fost împărțite în două clase, în funcție de mecanismul lor de transpunere: retroelementele sunt transpuse în genom prin copii ale lor realizate de ARN care suferă apoi o transcripție inversă, al cărei produs este inserat în altă parte a genomului. Dintre acestea, au fost identificate retrovirusuri care utilizează această capacitate în cadrul ciclului lor de viață, dar și secvențe de „origine misterioasă" numite retrotransposoni, dintre care s-a constatat că unele codifică proteinele necesare transcrierii inverse. Există și alte retroelemente, cum ar fi așa-numitele SINE și LINE (elemente scurte și lungi inserate) de mamifere, care vor fi discutate mai târziu.

Celălalt tip de elemente transpozabile sunt reinserate direct prin copii ADN. Mecanismul de transpoziție nu este cunoscut în detaliu în majoritatea cazurilor. La *Drosophila*, așa-numitele elemente **P** sunt transpuse prin excizia unui segment de cromozom care este inserat într-o zonă în care îl dublează ulterior pe cel complementar. S-a demonstrat că transpozii **P** au fost transferați de la o specie (*Drosophila wiilistoni*) la alta (*D. melanogaster*). S-a constatat că vehiculul a fost un acarian (*Proctolaelaps regalis*) care parazitează ambele specii. Odată integrate în ADN, elementele **P** se răspândesc foarte rapid. S-a discutat mult despre posibilitatea ca acești transpozoni să fie de

origine virală. Până în prezent, există puține dovezi directe, dar se cunoaște un caz clar al unui transposon viral care a infectat mai multe specii de insecte.

În prezent, problema fundamentală nu este doar explicarea originii acestor elemente cu proprietățile lor extraordinare, ci și mai complicată este modalitatea de a încadra prezența și activitățile lor abundente în cadrul teoriei evoluționiste convenționale.

De exemplu, elementele transpozabile din cele două clase menționate mai sus există în proporții diferite în diferite organisme, dar în multe cazuri nu există nicio legătură între tipurile de elemente și apropierea filogenetică mai mare sau mai mică dintre speciile gazdă. Acest lucru sugerează că diferitele tipuri de elemente transpozabile au crescut și au scăzut în diferite linii în timpul evoluției. Există, de asemenea, indicii că ar putea exista mai multe transferuri interspecifice ale acestor elemente. În special, retrovirusurile identificate la mamifere a căror natură de agent infecțios le permite să fie transmise „orizontal" sunt, de asemenea, transmise descendenților prin inserție în celulele germinale.

Aceste inserții pot duce la mutații și rearanjări cromozomiale. Deși cele mai multe dintre acestea ar fi considerate a fi dăunătoare, s-a observat că unele pot avea efecte evolutive importante. Amilaza, o enzimă necesară pentru digerarea amidonului, este secretată în pancreasul multor mamifere. La om, aceasta este secretată și în salivă, ceea ce lărgește gama de alimente care pot fi ingerate. Un transposon a fost identificat ca fiind responsabil pentru această expresie extinsă a genei enzimei. De asemenea, acestea au fost recunoscute ca fiind cauza inactivării genelor, în unele cazuri cu efecte patologice (hemofilie, neurofibromatoză etc.).

Dar această activitate funcțională evidentă este interpretată pur și simplu ca fiind rezultatul „subversiunii" funcțiilor gazdei prin „prezența parazitară" a elementelor transpozabile. Genomul gazdei exploatează „pur și simplu" proprietățile acestor elemente în beneficiul său.

Cu toate acestea, chiar admițând o astfel de explicație „comercială" a existenței elementelor „utilizabile" de către genom, cum se poate explica în termeni de selecție naturală prezența unor cantități mari și variabile de acest material fără „utilitate" aparentă? În afară de efectele negative pe care aceste inserții le-ar produce în majoritatea cazurilor, doar repercusiunile „mecanice" asupra ratei de diviziune celulară ar fi trebuit să elimine aceste secvențe „necodificatoare" din genomuri. Sunt ele pur și simplu o concentrare de realizatori egoiști de ADN? (un fel de reuniune a absolvenților unei universități de elită, pentru a ne face o idee). Sau poate îndeplinesc sau au îndeplinit o funcție (o casă de pensii, mulți dintre ei încă „utili", cu lucruri de spus).

ADN-ul „ gunoi"

Dar asta nu este tot. Descoperirea recentă a faptului că genele „active" sunt alcătuite din regiuni codante (numite exoni) intercalate cu zone necodante (introni) complică și mai mult interpretarea structurii și funcției ADN în termeni evolutivi. Din punctul de vedere mecanicist al ipotezei „ADN egoist", misiunea intronilor este clară: aceștia sunt acolo „pentru" a permite codarea proteinelor de către exoni să nu fie afectată fizic. Cu toate acestea, în 1982, Thomas R. Cech și Sidney Altman descoperiseră deja că unele secvențe intronice ale anumitor ARN-uri aveau proprietăți enzimatice care permiteau ARN-ului însuși să se auto-cupleze și să se lege în timpul procesului de transcriere (această descoperire le-a adus Premiul Nobel). În acest caz, ipotezele privind posibila lor origine pot fi mai revelatoare decât speculațiile privind funcția lor. Există două posibilități: intronii sunt gene vechi care și-au pierdut funcția sau sunt achiziții recente. Semnificația lor evolutivă ar depinde foarte mult de care dintre cele două ipoteze este mai probabilă.

Pentru a încerca, trebuie să ne întoarcem la ceea ce sunt considerate a fi cele mai vechi organisme cunoscute: bacteriile, originea celulelor eucariote.

Până de curând, genomul bacterian a fost considerat a fi un aliniament continuu de ADN funcțional. Însă cercetări recente au dezvăluit existența intronilor la arheobacterii și a cel puțin unui intron la opt specii diferite de cianobacterii. Acești introni sunt foarte diferiți de „auto-liganzii" caracteristici ai ADN-ului eucariotic: ei sunt localizați în ARN-ul de transfer și în ARN-ul ribozomal, adică în materialul care „traduce" informația genetică.

În ceea ce privește originea lor, o nouă descoperire ar putea face lumină: în ADN-ul mitocondrial al ciupercii *Saccharomyces cerevisiae,* s-a demonstrat că intronul al grupului II este de fapt un retroelement cu activitate de transcriptază inversă.

Prezența intronilor la bacterii are o mare importanță evolutivă, deoarece poate însemna că aceștia au apărut înainte de separarea liniilor bacteriene și eucariote sau că sunt implicați în această separare. Pentru a încerca să elucidăm care alternativă este mai probabilă, să ne amintim anumite proprietăți ale virușilor și bacteriilor.

Transportatorii de informații genetice

Virușii sunt considerați agenți patogeni care interferează cu funcționarea normală a celulelor. După cum s-a menționat mai sus, originea lor misterioasă este rezolvată prin ipoteza „unui fragment de material genetic scăpat dintr-un anumit genom", care a dobândit „cumva" o haină care permite acestui material genetic să treacă prin membrana celulară și să se integreze în ADN-ul celulei, unde acționează ca o genă obișnuită. Uneori rămâne inactiv fără a interfera cu funcția celulară, dar alteori este activat (adesea de un stimul extern, cum ar fi razele ultraviolete) și se divide până când provoacă moartea celulei gazdă și infectarea altor celule. Virușii pot persista în afara celulei, dar în stare inertă.

Un tip special al acestor agenți infecțioși sunt retrovirusurile. Când intră în celula gazdă, ARN-ul său este copiat în ADN de către o enzimă specifică virusului, *transcriptaza inversă*, iar această copie este integrată într-un cromozom al celulei, unde poate rămâne sub forma cunoscută sub numele de **provirus**. Individul infectat poate fi sănătos ani de zile, chiar dacă poartă în sânge anticorpii produși împotriva virusului în momentul infecției.

Aceste informații privind mecanismele de acțiune ale virusurilor sunt obținute în principal din studii axate pe aspectul lor patologic, deși multe dintre proprietățile lor interesante și neexplicate pot avea implicații majore pentru înțelegerea mecanismelor micro și macroevolutive.

Experimentele de laborator au arătat că materialul genetic, ADN, este extrem de stabil în comportamentul său. Acesta se poate replica de mai mult de o sută de milioane de ori fără să greșească o singură nucleotidă pe firele sale. Această capacitate este consolidată în celulă prin mecanisme extraordinare de reparare a erorilor care utilizează enzime celulare specifice.

Cu toate acestea, virusurile ARN se schimbă (mor) de aproximativ 100 000 de ori mai repede decât virusurile ADN. Principalul motiv pentru aceasta este că enzima care controlează copierea ARN-ului viral în ADN, *transcriptaza inversă*, „nu reușește să corecteze erorile de copiere", permițând ca nucleotide „inexacte" să fie adesea încorporate în ADN. Având în vedere stabilitatea extremă a ADN-ului, s-ar putea crede că aceasta ar fi o sursă majoră de mutații.

Dar există și alte surse de variabilitate la viruși: genomurile virale se pot recombina între ele. Aceste recombinări duc la pierderea sau mărirea anumitor regiuni, ceea ce poate duce la variații genetice bruște, afectând regiuni mari ale genomului viral.

Această capacitate de variație genetică le transformă în extraordinari „transportatori" de informație genetică, cu proprietăți biologice diferite în funcție de variante: s-a observat că își pot schimba specificitatea tisulară (celulară) și chiar își pot schimba sau atenua specificitatea la nivel de specie. Dacă la aceste calități se adaugă capacitatea lor de a „captura" gene, consecințele evolutive pot fi surprinzătoare. Într-adevăr, un virus integrat poate părăsi genomul gazdei purtând cu sine un segment cromozomial, pe care îl va integra în cel al noii celule pe care o infectează. Acest lucru a fost observat în cazuri de cancer transmis de viruși care au capturat gene canceroase.

Această transmitere orizontală a informației genetice poate fi o modalitate de omogenizare a genomurilor între diferite grupuri de animale (Fig. 20). Într-adevăr, există dovezi ale unui astfel de transfer de informație, sub formă de transpozoni, între insecte și viermi plați (*Planaria*), aparținând unor Phyla diferite.

În cazul variantelor virusului SIDA (un retrovirus), a fost surprinzător faptul că, dintre cele două tipuri cunoscute până în prezent, HIV-1 și HIV-2 sunt fiecare mai apropiate de virusurile anumitor maimuțe decât între ele: 1 de cel al cimpanzeului și 2 de cel al macacilor (*Macaca*

maculata) și al „maimuței verzi" (*Cercocebus atys*). Explicația acestui fenomen ciudat a fost clarificată prin compararea virușilor proveniți de la purtătorii sănătoși din Africa cu virușii simieni (SIV), care nu provoacă boli la gazda lor: se pare că acești viruși sunt prezenți la om și la maimuță de foarte mult timp (așa cum există și la multe alte mamifere) și că activitățile umane au favorizat cel mai probabil răspândirea și activarea lor.

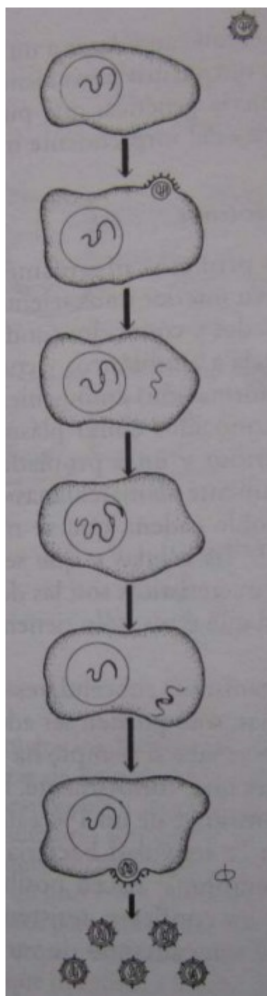


Figura 20.- Proprietățile biologice ale virușilor care le permit să se integreze într-un genom celular, lăsându-l apoi cu o parte din materialul genetic încorporat în propriul genom, ar putea avea implicații evolutive surprinzătoare. Dacă aceste fragmente de ADN ar fi capabile să își completeze noul genom gazdă în funcție de locul în care au fost inserate, acest lucru ar putea conduce la schimburi de informații genetice între diferite specii, ceea ce, pe termen lung, ar putea duce la o omogenizare a genomelor acestora.

Proprietățile și comportamentele virușilor sugerează că aceștia sunt candidați pentru un rol important în evoluție. Însă alte date din cercetarea aplicată în domeniul ingineriei genetice pot completa această posibilitate. Aceasta este lumea surprinzătoare a bacteriilor.

Elementele „accesorii"

Bacteriile (primele organisme vii) au adesea în interiorul lor „elemente genetice accesorii" care sunt studiate și cunoscute în principal ca purtătoare de rezistență la antibiotice și ca vectori (sisteme de transfer de informații) în ingineria genetică.

Aceste elemente, cunoscute sub numele de *plasmide*, au (desigur) o origine misterioasă și proprietăți care ar putea fi descrise ca fiind extrem de „lamarckiene". Ele sunt molecule de ADN circulare, cu două catene, care se multiplică independent în interiorul celulelor și se transmit atunci

când celulele se divid. Caracteristicile lor sunt cele ale unui virus fără capsida proteică și, ca și virusurile, sunt active numai în interiorul celulelor (figura 21).

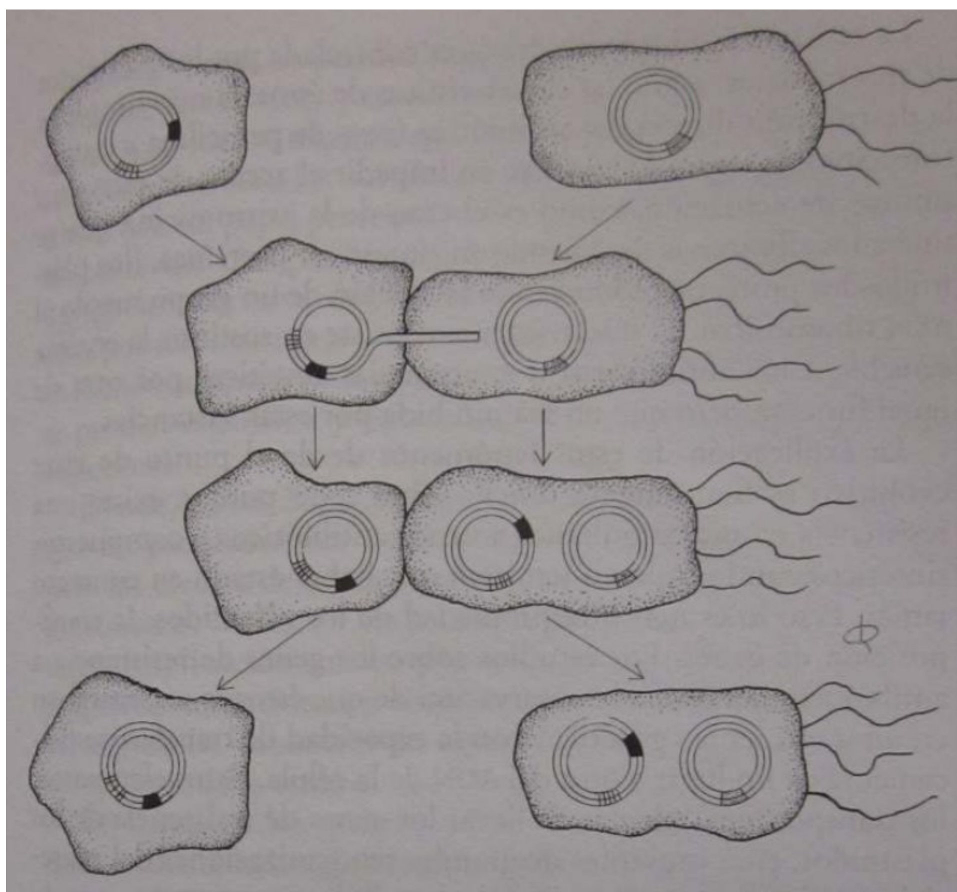


Fig. 21.- Conjugarea bacteriană, care a fost inițial interpretată ca „un fel de reproducere sexuală", este un fenomen care nu numai că este absolut inexplicabil în lumina teoriilor neodarwiniene, dar este în totală contradicție cu acestea. Transmiterea de informații genetice, în multe cazuri esențiale pentru supraviețuirea beneficiarului, are loc chiar și între genuri diferite de bacterii, adică este o „cooperare" între „concurenții" teoretici. Conjugarea dintre Escherichia coli și Salmonella, care transferă celei din urmă o genă de rezistență la tetraciclină, este reprezentată schematic aici.

Aceste ciudate „organisme subcelulare" nu pot fi produse de bacterii, ci pot fi doar dobândite de la o bacterie la alta, deși nu se știe dacă și când au fost dobândite întotdeauna. Interesant este faptul că informația plasmidică, care reprezintă doar 1-3% din genomul celulei, este implicată în activitatea bacteriană în funcții care nu sunt codificate de cromozom: ele permit asimilarea de substanțe complexe, conferă rezistență la substanțe toxice, inclusiv la antibiotice, și provoacă o serie de boli la animale și plante.

Dar ele conțin, de asemenea, informațiile necesare pentru a efectua o activitate foarte specială: conjugarea bacteriană, care permite schimbul de plasmide între specii și chiar între genuri diferite de bacterii. Aceste schimburi implică transferul de informații genetice de la o specie la o „specie concurentă, ceea ce, în multe cazuri, permite beneficiarului să supraviețuiască. Cu alte cuvinte, existența unor trăsături dobândite și transmisibile care sunt inexplicabile ca produs al selecției naturale.

Capacitățile sale uimitoare nu se limitează la cooperarea cu celula gazdă. Ele conferă, de asemenea, noi proprietăți. Cercetările privind implicațiile lor în dobândirea de către bacterii a rezistenței la antibiotice au dezvăluit un mecanism prin care acestea pot acumula diferite gene.

Rezistența la antibiotice este controlată de plasmide în trei moduri, în funcție de caracteristicile acestora: cel mai simplu este distrugerea directă a antibioticului (ca în cazul penicilinei și streptomicinei), al doilea constă în împiedicarea accesului la locurile sale de acțiune,

ca în cazul eritromicinei, care se leagă de ribozomi, oprind sinteza lor proteică (plasmidele îi protejează prin adăugarea unei grupări metil la ARN-ul ribozomal). Al treilea sistem constă în înlocuirea enzimei sensibile la antibiotice sau substanțe de sinteză cu o altă enzimă cu aceeași funcție, dar care nu este inhibată de aceste substanțe.

Explicarea acestor fenomene din punct de vedere evolutiv este sincer dificilă, mai ales că există o rezistență naturală simultană la mai multe antibiotice și compuși sintetici cu care nu ar fi trebuit să intre niciodată în contact. Dar mai gravă este o altă proprietate a plasmidelor: transpoziția genelor. Studiile asupra genelor de rezistență la antibiotice au condus la constatarea că acestea sunt conținute în elemente genetice cu capacitatea de a se transfera fizic dintr-o parte în alta a ADN-ului celular. Aceste elemente, transpozonii, pe lângă faptul că transportau genele de rezistență ale plasmidelor, erau responsabile de rearanjări majore ale materialului genetic bacterian și chiar în celulele eucariote.

Experimentele de clonare a plasmidelor au dezvăluit modul în care pot fi dobândite gene noi și rearanjate cele vechi pentru a obține informații genetice care să corespundă nevoilor gazdei. Atunci când un plasmid este digerat cu o enzimă „restrictase", ADN-ul său este separat în fragmente cu extremități coezive. Fragmentele sunt apoi tratate cu enzima „ADN ligază" și fragmentele sunt unite pentru a forma plasmide noi, rearanjate aleatoriu, cu proprietăți noi. Aceste plasmide noi pot pierde sau câștiga segmente mari de ADN fără a-și diminua viabilitatea, dar există o regiune foarte mică în ADN-ul lor care conține toate funcțiile care fac genomul viabil. Dacă această regiune este afectată, plasmida este distrusă, adică există o mică porțiune de material genetic, numită „bloc replicator" (estimată a nu fi mai mare de 2000 de perechi de baze), care este imobilă și capabilă să reproducă plasmide de până la 50 de ori mai mari decât ea.

Pe scurt, **se poate spune că caracteristicile și proprietățile virusurilor și „varietatea" lor, sub formă de plasmide, precum și relația lor evidentă cu funcționarea ADN-ului celulelor eucariote, fac mai mult decât probabil ca acestea să joace un rol major în evoluția vieții de la bacterii**. O posibilă dovadă suplimentară a acestei evoluții prin agregarea succesivă a diferitelor informații genetice - și nu numai prin duplicări și diversificări - este conservarea extrem de uimitoare a secvențelor genetice ancestrale, care pot fi identificate și urmărite de la bacterii la organisme superioare.

În plus, s-ar putea ajunge la ipoteza aventuroasă (și intuitivă) că particularitățile virusurilor ARN, cu susceptibilitatea lor la erori de copiere și efectele lor asupra rearanjamentelor cromo-mosomale, le fac suspecte de a fi avut o implicare importantă în procesele microevolutive, prin mici mutații și rearanjamente cromozomiale, precum și posibile cauze ale speciației, adică „variații pe aceeași temă".

Pentru schimbările organizaționale mari și abrupte care au avut loc în mod evident în procesele macroevoluționare, virusurile ADN, cu stabilitatea lor extremă, dar cu aceeași capacitate de infectare simultană a organismelor și de integrare în genomul lor, pot justifica un rol mai puțin constant, dar mai important.

Virușii endogeni

Pentru a susține această ipoteză - posibil fragilă -, aceste secvențe virale ar trebui să primească eticheta menționată mai sus de „subrutine" ale vieții. Dar această categorie, poate oarecum pretențioasă, poate fi validată pe baza unor date foarte recente.

Proporții variate de ADN au fost identificate în genomul diferitelor organisme ca „virusuri endogene". Există diferite grupuri, iar „majoritatea" sunt considerate a fi derivate din virusuri exogene care au infectat diferite specii de animale în trecut și au devenit endogene prin inserția în celulele germinale. Unele sunt adevărate „fosile genetice"; sunt provirusuri străvechi care au suferit mutații multiple, deși este încă posibilă legătura lor cu unele retrovirusuri actuale. Până în prezent, mii de copii de origine virală au fost clar identificate, constituind mai mult de 0,5% din ADN-ul total al păsărilor și mamiferelor (44). Problema constă în ADN-ul de origine virală care este în prezent de nerecunoscut din cauza divergenței în timp sau care provine de la viruși necunoscuți. Dar

dacă luăm în considerare posibilitatea puternică ca acesta să fie originea cel puțin a secvențelor repetitive și a elementelor transpozabile, proporția ar fi considerabilă.

De fapt, deși cercetările nu sunt orientate în această direcție (identificarea secvențelor virale implicate în trăsături cu semnificație evolutivă), lucrările privind natura lor patologică încep să producă rezultate revelatoare. Într-un studiu privind infecțiile cu retrovirus uman (HTLV) în Japonia, s-a constatat o asociere între indivizii afectați de HTLV-1 și antigenele de histocompatibilitate (HLA) A26 și B62 (este vorba de un polimorfism complex de apariție și menținere care nu este explicat de teoria sintetică).

În cadrul unei cercetări menite să identifice genele care controlează dezvoltarea embrionară a șoarecilor, inserția retrovirusului Moloney într-un punct din genomul oului a provocat o mutație a culorii părului, care a dispărut atunci când virusul a părăsit genomul.

Dacă extindem observațiile de acest tip la elementele retro-transpozabile, cum ar fi LINE (long inserted element) la mamifere, găsim indicii de o mai mare importanță evolutivă: tipul L-1 al acestora formează aproximativ 5% din genomul uman, cu mai mult de 50 000 de secvențe, dintre care aproximativ 4 000 sunt mari (peste 6 000 de perechi de baze). S-a constatat că o clasă a acestora, L-1.2, codifică o proteină cu activitate de transcriptază inversă, care este necesară pentru mobilitatea diferitelor tipuri de retroelemente la mamifere. Aceste activități nu sunt legate numai de aspecte patologice (hipercolesterolemie familială, hemofilie, boala Tay-Sachs etc.), ci și de anumite funcții importante cu o achiziție evolutivă complicată, precum formarea și funcționarea cristalinului ochiului mamiferelor.

O altă realizare evolutivă la fel de complexă ca și importantă în apariția mamiferelor, placenta, are retroelemente aplicate la funcționarea sa. Până de curând se credea că efectul exercitat de o genă nu depindea de originea paternă sau maternă a acesteia, dar s-au găsit dovezi că masculii și femelele exercită o amprentă asupra genelor pe care le transmit. La mamiferele placentare, genele paterne și materne au contribuții diferite, dar complementare la dezvoltarea embrionară. Fără amprenta maternă, embrionul este anormal; fără amprenta paternă, placenta nu se dezvoltă.

Acest mecanism pare să fie implicat în însăși originea și evoluția placentației, pe de o parte, pentru ca mama însăși să accepte dezvoltarea unui corp străin în interiorul ei, iar pe de altă parte, pentru a limita această dezvoltare prin prevenirea invaziei țesuturilor materne. Conform datelor recente, acest fenomen ar fi fost indus de inserția de particule retrovirale defecte de tip I.A.P.

Căutarea de noi activități (în procese precum cele menționate anterior), în toate aceste tipuri de secvențe ADN (a căror condiție trebuie să fie „nefuncțională” pentru ca ecuațiile geneticii populațiilor să fie îndeplinite), poate fi fundamentală pentru înțelegerea proceselor evolutive. Până în prezent, descoperirile sporadice și cele derivate din abordările „aplicate” nu numai că au recunoscut activitățile lor integrate în funcționarea genomului, dar în unele cazuri au dezvăluit caracteristici care le atribuie o activitate de prim ordin. De exemplu, a fost demonstrată recent existența unei transmisii genetice a memoriei imune (dobândite) a limfocitelor. Rezultatele acestor cercetări relevă existența unui mecanism prin care retrovirusurile endogene pot transporta gene de la linia somatică la linia germinală.

Dar există deja nu numai date privind ceea ce poate fi considerat ca acțiune indirectă, ca „purtători” de informații sau responsabili de modificări genetice (mutații). Tocmai au fost publicate primele dovezi (5 mai 1995) conform cărora o secvență retrovirală din familia retrovirusurilor endogene RTVL-1 este exprimată în diferite linii celulare umane, inclusiv în limfoblastele B importante din punct de vedere imunologic.

De asemenea, s-a demonstrat că antigenele derivate din retrovirusuri sunt exprimate în celulele trofoblastice placentare umane normale, cu o misiune foarte importantă: ele fac parte din procesul de diferențiere morfologică a acestor celule.

Cu alte cuvinte, **activitatea retrovirușilor endogeni nu se limitează la a induce reorganizări sau modificări ale expresiei genelor „active” (ceea ce ar fi deja foarte indicativ din punct de vedere evolutiv); aceștia sunt, de asemenea, exprimați direct ca parte a proceselor biologice fundamentale**.

IX

ASPECTE MOLECULARE

Simplificarea excesivă a încercării de a explica procesele evolutive în termeni de frecvența alelelor genelor cromosomale devine deja clară atunci când ne gândim că organismul viu, capabil de reproducere, este vehiculul responsabil pentru transmiterea acestor gene. Dacă luăm în considerare mecanismele genetice complexe discutate mai sus, cu interacțiunile lor simultane, schimbările lor de localizare cu efectele lor drastice și calitățile lor diferite (cum este cazul genelor *master*, care controlează activitatea mai multor altele), calculele genetice ale populației sunt cel puțin simpliste.

Însă, atunci când aflăm mai multe despre mecanismele surprinzător de complexe care reglează expresia genelor în procesele de diferențiere, reproducere sau pur și simplu de funcționare celulară, principiul evoluției biologice ca proces de origine și istorie aleatoare este zdruncinat din temelii. Armonia cu care (cel puțin) zeci de compuși complecși trebuie să funcționeze în cel mai simplu proces „celular" face dificilă acceptarea originii sale ca o acumulare aleatorie de mici modificări prin mecanisme chimice. Mai degrabă, aceasta dă impresia unui mecanism care „trebuia" să fie așa de la început (cel puțin pare clar că nu ar fi putut fi produs treptat) și că creșterea complexității de la celulele procariote la mamifere reprezintă o progresie, ale cărei potențialități au fost înscrise în prima celulă. Cu alte cuvinte, viața este exact ceea ce ar trebui să fie.

O celulă este o mașină foarte complicată, care poartă în ea un program și mecanismele necesare pentru executarea instrucțiunilor sale: transformare a energiei, rețele de informare și de reglare, generare de structuri interne și externe, protecție împotriva substanțelor străine... Dar această mașină, pe lângă faptul că funcționează autonom, are o capacitate deosebită: instrucțiunile sale îi permit să se reproducă.

Și nu numai că este capabilă să își programeze propria autocopiere, dar poate produce și diferite tipuri de celule cu morfologii și funcții diferite. Trecerea de la o singură celulă, oul fertilizat, la miliardele de celule care alcătuiesc un mamifer, de exemplu, are loc printr-un proces de diferențiere celulară. Cu toate acestea, toate celulele acestui organism poartă aceeași informație genetică, deci cum de nu sunt toate la fel, atât morfologic, cât și funcțional? „Foarte simplu, pentru că, printre numeroasele proteine pe care le sintetizează, codul lor genetic include proteine capabile să regleze (să modifice, să blocheze sau să favorizeze) expresia acestui program pentru a realiza diferite funcții. Aceste proteine reglatoare, dintre care se cunoaște doar o mică parte și, dintre acestea, doar câteva mecanisme ale funcționării lor complicate, sunt codificate în gene reglatoare care, în genomul uman, au fost calculate să reprezinte între 5 % și 10 % din total.

Unele dintre activitățile sale recent descoperite par a fi rezultatul unui design industrial extrem de atent și eficient: molecula de ADN nu există „goală" în celulele vii; ea este învelită în proteine, histone și non-histone, despre care se credea, până de curând, că îndeplinesc doar rolul structural de ambalare sau protecție a materialului genetic. De la începutul anilor 1990, s-a demonstrat că există proteine reglatoare care înlocuiesc histonele, permițând accesul „factorilor de transcripție" la anumite gene. În stadiile incipiente ale dezvoltării embrionare, diferite linii celulare sunt produse prin deplasarea proteinelor în diferite zone ale ADN-ului, dar fără inițierea transcripției. În acest fel, unele celule pot fi determinate la începutul unei anumite căi de diferențiere.

Dar în diviziunile celulare, ADN-ul nuclear nu este totul: restul citoplasmei trebuie de asemenea duplicat: aparatul Golgi, ribozomii, mitocondriile (al căror ADN „cooperează" cu ADN-ul nuclear într-un mod curios de complementar) și chiar membranele nucleare și citoplasmatice. Mecanismele necesare pentru a controla calendarul diviziunii și, mai ales, cel al structurilor celulare în ansamblu, într-un mod atât de perfect coordonat, trebuie să fie în mod necesar extrem de complicate și să funcționeze impecabil. Cu alte cuvinte, trebuie să fie un proces inamovibil.

La baza acestui ciclu se află un sistem proteic foarte complex, al cărui factor declanșator este un tip de proteină numit *chinaze*, care se pare că este același în organisme atât de diverse precum drojdia, broasca, echinodermele și omul. Asociate cu kinazele, au apărut alte proteine, *ciclinele*, care acționează ca un posibil regulator temporal în diviziunile succesive. În plus, există (deși mecanismul nu a fost descifrat) un regulator citoplasmatic autonom. Acesta nu pare să existe în organismele „inferioare", de exemplu la broasca *Xenopus laevis*, unde ciclina continuă să acționeze chiar dacă există erori în replicarea ADN-ului sau în partiționarea cromozomilor sau a organitelor, iar embrionul moare. De fapt, acest lucru se întâmplă frecvent, dar problema este compensată deoarece acestea depun un număr mare de ouă.

La alte organisme superioare, și în special la mamifere, această risipă nu poate fi permisă; există mecanisme de supraveghere intracelulară pentru a o controla: înainte de mitoză, celula „verifică" dacă ADN-ul este replicat și în bună ordine; în timpul mitozei, ea „verifică" dacă cromozomii sunt aliniați corect în fus înainte de a permite separarea celor două copii de ADN"), Cu alte cuvinte, această capacitate de control citoplasmatic complicat a apărut în cursul evoluției, dar prin mutații aleatorii sau prin acumulare?

Dincolo de controlul diviziunii și diferențierii celulare, în simpla funcționare celulară, s-a demonstrat că, în orice țesut dat, activitatea unei gene este rezultatul acțiunii a foarte multe proteine care acționează sinergic. Pentru a complica și mai mult lucrurile, nu numai că o genă poate fi controlată de mai multe proteine reglatoare, dar, de asemenea, orice proteină reglatoare poate participa la reglarea mai multor gene, genele țintă.

Aceste constatări, făcute inițial la bacterii, au fost verificate ulterior la organisme superioare: Jacques Monod, laureat al Premiului Nobel în 1965, a rezumat totul în celebra sa frază: „Ceea ce este adevărat pentru bacterie este adevărat pentru elefant". Deși mecanismele de control citoplasmatic au atenuat această afirmație, aceasta este adevărată pentru scopul procesului. De exemplu, o bacterie începe să pună în mișcare activitățile enzimatice care îi permit să metabolizeze lactoza atunci când acest zahăr este adăugat la mediul său de cultură (înainte nu putea face acest lucru). În general, hormonii steroizi funcționează într-un mod similar: ei activează selectiv diferite gene în celulele potrivite. Fiecare hormon intră în celulă și se leagă de o proteină (receptorul) care îi va activa genele specifice (genele țintă). Activitatea sa constă în modularea funcționării ARN polimerazei, căreia îi „spune" ce gene să transcrie: progesteronul induce, în celulele uterului, producerea de ARN mesager, care codifică proteinele necesare pentru fixarea fătului pe peretele uterului. Dar aceste proteine răspund și la „semnale" care depind de situația fiziologică a celulei. Cu alte cuvinte, un mecanism lamarckian.

Dar descoperirea cea mai surprinzătoare (și informativă) se referă la o problemă aparent banală: cum recunoaște proteina regulatoare o anumită regiune de ADN din cele 150 000 de gene conținute într-un genom precum cel uman?

Codul genetic al ADN-ului depinde de combinații de patru baze (adenină, timină, citozină și guanină), luate câte trei, într-o moleculă de milioane de baze, astfel încât secvențele sunt foarte uniforme și cu puțin loc pentru variații. Proteinele, în schimb, sunt formate din combinații de douăzeci de aminoacizi diferiți, în cantități care variază de la câteva zeci la câteva mii. Prin urmare, proteinele sunt mai variate din punct de vedere structural decât ADN-ul sau ARN-ul, deci cum se pot „potrivi" în materialul genetic sau cum le poate genera materialul genetic?

Se cunosc unele structuri tridimensionale ale proteinelor reglatoare și s-a demonstrat că „câmpurile de legare sunt produse prin plierea moleculei proteice, astfel încât situsul de legare este localizat în punctele acestor pliuri care interacționează cu bazele lor specifice (fig. 22).

Inițial, s-a încercat explicarea interacțiunii dintre proteine și ADN în termeni chimici (legături slabe, cum ar fi legăturile electrostatice sau legăturile de hidrogen), dar s-a constatat că sistemul este mai complicat. Un aminoacid poate interacționa cu mai multe perechi de baze în același timp, iar o pereche de baze poate interacționa cu diferiți aminoacizi simultan. Nu numai atât, efectele contactelor câmpului de legare al proteinei cu ADN-ul depind de caracteristicile restului proteinei, nu doar de aminoacizii conținuți în regiunea sa.

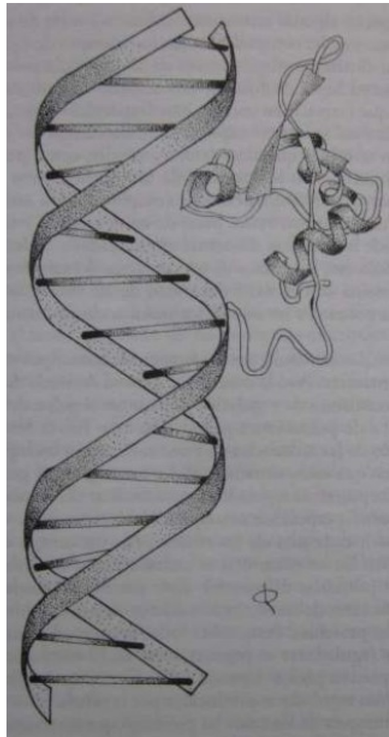


Figura 22.- Primele structuri tridimensionale ale proteinelor reglatoare au fost cunoscute în anii 1980. Aminoacizii din care sunt compuse interacționează în interiorul moleculei în așa fel încât să producă pliaje care depind de acestea. Proprietățile structurilor moleculare care pot rezulta din aceste pliaje au o variabilitate enormă, astfel încât ele conferă proteinelor o gamă largă de funcții biologice.

Se descoperă noi factori de transcripție cu structuri diferite. Dar concluzia generală desprinsă din studiul mecanismelor de reglare este lovitura finală dată geneticii populațiilor și, odată cu ea, teoriei sintetice: semnificația secvențelor de baze variază în funcție de regiunile genomului în care sunt localizate. Cea mai generală strategie utilizată de proteinele reglatoare pentru a facilita recunoașterea secvenței specifice corespunzătoare este asocierea în perechi („dimeri"), fiecare dintre acestea având un câmp de legare la ADN. În eucariote, acestea sunt adesea grupate în „heterodimeri" (două proteine diferite). Acest lucru permite formarea multor factori de transcripție diferiți prin combinarea a câteva proteine. Dar, mai presus de toate, este un mijloc prin care proteinele reglatoare se reglează reciproc. Rezultatul final este că expresia genelor depinde de efectele de dozare ale proteinelor reglatoare produse de celulă.

În majoritatea cazurilor, proteinele implicate în dimeri recunosc aceeași secvență reglatoare. Dar, în timp ce în unele cazuri acestea activează transcripția, în altele o reprimă. Încă nu se cunosc mecanismele care sunt implicate în aceste alternative.

Cu toate acestea, complexitatea tuturor acestor mecanisme de reglementare are câteva elemente de bază a căror origine poate fi „trasată".

În ultimii ani, s-a încercat identificarea unei componente-cheie în cadrul uriașei varietăți de proteine de ghidare. Una cu o importanță evidentă în viața celulară este *enzima ARN polimerază*, care sintetizează ARN mesager. În celula eucariotă, ARN polimeraza este o enzimă care trebuie fosforilată pentru a iniția transcripția. În plus, ARN polimeraza nu funcționează singură; mai multe proteine auxiliare trebuie să se lege de aceasta la începutul unei gene (într-o zonă numită „promotor") pentru ca transcripția să înceapă. Acești factori de transcripție sunt numiți factori generali, deoarece sunt implicați în transcripția aproape a tuturor genelor din celula eucariotă (adică nu reglează transcripția unui singur grup). Printre aceste proteine se numără așa-numita „proteină universală" (TBP, sau TATA - binding - protein), care recunoaște secvența timină-adenină. Această „proteină universală" este una dintre principalele proteine reglatoare din bacterii.

În ceea ce privește factorii de transcripție care acționează asupra unor gene specifice, s-a demonstrat că aceștia pot acționa nu numai prin legarea la secvențe reglatoare apropiate de genă, ci și la regiuni de ADN îndepărtate. Aceste secvențe reglatoare îndepărtate sunt denumite sugestiv secvențe „amplificatoare”.

Indiferent de posibila origine virală a acestor secvențe, există proteine de reglare virale cu caracteristici foarte revelatoare: genele care codifică histonele și anumite gene de herpesvirus au aceeași secvență de reglare de opt baze (ATG-CAAAT) în vecinătatea lor. Transcrierea necesită acțiunea unei proteine reglatoare asupra acestei secvențe, dar genele care codifică imunoglobulinele sunt exprimate numai în globulele albe, genele histonelor în toate celulele organismului, iar genele virusurilor numai în celulele infectate , adică expresia lor variază în funcție de tipul de celulă în care se află.

Mai multe studii privind activitățile cancerigene ale anumitor viruși au evidențiat mecanismele de reglare implicate în proliferarea celulară dezordonată: virusul Rous (SRC), un retrovirus care provoacă sarcoame și tumori ale țesutului conjunctiv la pui, are o genă (src) care produce proteine cu activitate enzimatică de tip kinază. Proteinele provenite de la alte gene virale, cum ar fi virusul polioma de șoarece și virusul Murinun, au, de asemenea, această activitate.

Tehnicile de sondaj ADN au fost utilizate pentru a izola din genomul gazdei virusului Rous la animalele sănătoase o porțiune de ADN care a fost identificată ca fiind o genă **src** endogenă denumită **sarc**. Astfel de gene au fost găsite și la alte specii. Acest lucru a condus la concluzia că originea genei **src** a virusului este o genă **sarc** (oncogenă) cancerigenă din celule, care a fost capturată de virus după integrarea în genomul gazdei.

Cu toate acestea, faptul că această „declanșare” a proliferării celulare dezordonate este cauzată și de infecția cu diferiți viruși specifici care acționează fie direct, fie sub formă de „cofactoare” asupra diferitelor țesuturi (sân, țesut conjunctiv, ficat etc.), sugerează că pare puțin probabil ca, în toate cazurile, activitatea lor să fie rezultatul transportului de „oncogene” capturate. Analiza acestui fenomen din punct de vedere evolutiv permite avansarea unei alte ipoteze: este posibil ca gena **src** celulară (*sarc*) să fie de origine virală (adică să aparțină unui virus de tip SRC care este deja „endogen”) și ca funcția sa să fie de a acționa atunci când celulele țesutului său specific se diferențiază în timpul dezvoltării embrionare. În acest caz, ar fi cancerigenă numai atunci când apare o nouă infecție virală sau când un factor extern, cum ar fi radiațiile sau carcinogenii chimici, distruge genele - și, în consecință, proteinele - care controlează activarea sa temporară și o activează într-o perioadă nepotrivită, producând o proliferare de tip embrionar (tumoră).

Cercetările privind factorii de reglementare, în special în laboratoarele farmaceutice în scopuri terapeutice, avansează rapid în domenii precum hormonii sferoizi și enzimele implicate în glicogeneză. Dar acestea ar putea primi un impuls major dacă s-ar concentra asupra detectării în genom a secvențelor de origine virală, care ar putea fi legate de funcționalitatea diferitelor țesuturi ale organismului.

X

OBSERVAȚII FINALE

Dezvoltarea rapidă a biologiei, în special în ultimii zece ani, precum și multiplicarea și aprofundarea noilor descoperiri, îi obligă pe oamenii de știință la o specializare inevitabilă, care devine uneori extrem de reducționistă.

Dacă adăugăm la aceasta abordarea eminamente aplicată sau utilitară (și în cele din urmă profitabilă) care predomină în cercetarea „avansată" (inginerie genetică, aspecte patologice, produse farmaceutice etc.), rezultă o acumulare enormă de informații dispersate și fără legătură între diferitele discipline.

Integrarea acestor cunoștințe abundente și detaliate este o sarcină inevitabilă pentru biologie, deoarece ar ajuta la o mai bună înțelegere a unui fenomen în care toate sunt implicate: originea și evoluția vieții, ceea ce biologia, ca știință, dorește să cunoască.

Dar, în plus, chiar și în cadrul cercetării aplicate, viziunea globală (care uneori lipsește cu desăvârșire din publicațiile cele mai „de ultimă oră") ar ajuta la interpretarea și, prin urmare, la o mai bună utilizare a cantității enorme de informații disponibile.

Firește, este absurd (poate părea chiar naiv sau pretențios) să abordezi, în câteva pagini, o sinteză a unui volum atât de mare de cunoștințe. Dar poate fi, de asemenea, mai pozitiv să încerci să faci acest lucru, chiar și într-o manieră schematică, decât să rămâi imobil în fața complexității sarcinii, din cauza numărului mare de aspecte care rămân neconsiderate, sau, și mai rău, din teama de a intra în „erezie".

În acest sens, interpretarea datelor de mai sus într-un context evolutiv conduce la observarea mai multor fenomene, total incompatibile cu fundamentele teoriei sintetice a evoluției:

1. Originea vieții pe Pământ, ca fenomen aleatoriu spontan, guvernat de legi fizice și chimice, pare a fi practic imposibilă.

2. Există sistematic un saltaționism real, adică schimbări mari și bruște de organizare, din punct de vedere morfologic, anatomic și funcțional, între diferite organisme în timp, care nu pot fi atribuite „discontinuităților din arhiva fosilă.

3. Interdependența extremă și precisă observată între mecanismele genetice și biochimice care controlează procesele celulare, embriologice, anatomice și funcționale face ca schimbările evolutive menționate mai sus să fie puțin probabil să fie rezultatul unor schimbări treptate și aleatorii.

4. Creșterea complexității biochimice, fiziologice, anatomice și funcționale observată între nivelurile succesive de organizare biologică nu poate fi explicată (pe baza observației de mai sus) prin combinații diferite ale aceluiași material genetic sau prin duplicări, ci necesită în mod necesar acumularea progresivă de noi informații genetice.

Aceste patru observații generale pot fi nuanțate în aspecte specifice și conțin, în ansamblu, un număr mai mare sau mai mic de excepții. Dar, la fel cum natura se opune cuantificării, ea acceptă generalizările (există pești, mamifere, reptile, dar în realitate nu există $(p + q)^2 = 1$ în nicio specie vie).

Ceea ce pare a fi verificabil este faptul că fundamentele teoriei sintetice bazate pe ecuația ***o genă = un caracter*** devin o simplificare atunci când cercetarea abordează procesele genetice, biochimice și embriologice complicate, interconectate și autoreglementate care duc de la o secvență de baze în ADN la individul adult capabil de reproducere și, mai presus de toate, la un număr suficient de indivizi încrucișați capabili să asigure supraviețuirea speciei din care sunt compuși.

Nu se poate spune că ipoteza bacteriilor ca origine și bază a proceselor vitale complexe care au loc în mod universal la toate ființele vii este susținută de date incontestabile, dar nu pare exagerată dacă luăm în considerare congruența invarianței sale de bază de-a lungul timpului cu dovezile disponibile privind paleontologia (primele ființe vii identificate), anatomico-funcționale (singurul mediu natural minim în care viața este posibilă, originea celulelor eucariote), genetice

(mutații „dirijate”, cod universal, originea posibilă a reproducerii sexuale) și moleculare (factori „universali”, mecanism de transcripție).

În ceea ce privește virușii ca sursă de variație și schimbare, de asemenea cu o bază puțin solidă (sau, cel puțin, nu indiscutabilă), ei pot oferi răspunsul la cele două mari „probleme nerezolvate” ale geneticii populațiilor: necesitatea speciației bruște prin mari reorganizări cromozomiale și apariția obligatorie a acestora la un număr suficient de indivizi pentru a face posibilă perpetuarea lor. În plus, introducerea de secvențe complexe în genom, cu exprimarea lor evidentă (și verificabilă) în limbaj biochimic cu entitate biologică, poate fi (aproape) singura modalitate posibilă de a explica integrarea unui „subsistem” complex în rețeaua complicată de mecanisme interconectate care constituie cea mai mică funcție vitală a unui organism la fel de simplu ca o bacterie.

Și ar fi, de asemenea, prin interacțiunea acestor noi „subprograme” (fie prin acțiunea lor directă, fie ca inductori ai rearanjamentelor sau modificărilor expresiei genelor), modul de a explica marile reorganizări genetice anatomice, fiziologice și funcționale, în mod necesar simultane, care implică marile „salturi” evolutive găsite în arhivele fosile.

Pe scurt, este vorba de un model în care procesele cele mai transcendentale au un conținut clar lamarckian, atât în ceea ce privește aspectele specifice ale moștenirii caracterelor dobândite (prin intermediul virusurilor ca vehicul) și ale mutațiilor ca răspuns la stimulii de mediu (verificabile experimental numai la bacterii și, se pare, și la drojdie), cât și în interpretarea pe care ansamblul o sugerează, a unei tendințe de evoluție către o mai mare complexitate biologică, în care creierul uman (ale cărui capacități sunt inexplicabile ca rezultat al Selecției naturale) ar fi, pentru moment, punctul culminant.

Valabilitatea științifică a acestei ipoteze poate fi evaluată prin faptul că ea permite explicarea coerentă a problemelor evolutive nerezolvate de Teoria Sintetică, fără a contrazice existența unor fapte clar contrastate atât experimental, cât și empiric de aceasta, cum ar fi Procesele Microevoluționare, (dar numai ca mecanisme a ceea ce indică propriul său nume, Microevoluția).

Prin urmare, din punct de vedere „ortodox”, alternativa la teoria oficială nu reprezintă o schimbare majoră de schemă. Pe scurt, este vorba de înlocuirea sursei de variație biologică, și anume schimbarea aleatorie a unei baze ADN ca urmare a unei „erori de copiere” (al cărei rezultat, în lumina datelor prezentate mai sus, ar putea varia de la repararea enzimatică imediată la o dezorganizare totală a complicatelor procese de transcripție-reglare și, prin urmare, la neviabilitatea organismului și ar putea fi, de asemenea, un rezultat irelevant), cu o secvență de ADN sau ARN viral cu „conținut biologic” complex. Un mecanism care admite, cel puțin în cazul retrovirusurilor, o rată ridicată de mutagenitate care nu le modifică viabilitatea.

De asemenea, nu contrazice în mod absolut existența unei componente aleatorii mari (dar nu totale) în evoluție; interacțiunile dintre diferitele genomuri virale care, după toate evidențele, au fost încorporate în materialele genetice animale și vegetale nu vor fi avut întotdeauna, așa cum au cele care există, rezultate viabile (în afară, desigur, de consecințele lor patologice abundente) și, în multe cazuri, integrarea lor poate fi rămas cu efecte „tăcute”, așa cum se pare că se întâmplă în organismele actuale (HIV, de exemplu), până la o eventuală activare inițiată de agenți externi. (Aceasta ar explica diversificările bruște și multe dintre extincțiile care, așa cum au arătat metodele cladistice, coincid sistematic cu epoci de „perturbări” geologice).

Prin urmare, nu ar trebui să existe o respingere științifică a acestei ipoteze pe baza mecanismelor de evoluție pe care le sugerează, deoarece, ca orice ipoteză, este un model deschis unei eventuale verificări sau infirmări în funcție de capacitatea sa de a explica datele existente.

Principalul obstacol „cultural” este semnificația sa în ceea ce privește caracterul special al mecanismelor sau surselor de variație. Poate că neliniștea pe care o poate provoca provine din sentimentul mai mult sau mai puțin conștient că, dacă aceste procese au avut într-adevăr loc și pot avea loc, nu ar mai putea fi întotdeauna când și cum a dorit omul să fie. Capacitatea virușilor de a acționa pe cont propriu, în afara controlului omului, ar avea două consecințe de anvergură: prima, existența unui mecanism biologic capabil să reziste sau să scape de încercările prostești ale omului de a manipula viața înainte ca acesta să o cunoască cu adevărat. A doua, mai dramatică, este că

aceste încercări de a manipula organisme cu aceste proprietăți ciudate ar putea avea consecințe imprevizibile. Tehnologia „științifică" nu ar mai fi omnipotentă. O lovitură pentru puternica noastră civilizație, bazată pe o încredere oarbă în puterea științei.

Poate din acest motiv, pe măsură ce studiul cunoașterii dezvăluie prejudecățile culturale ale Științei însăși, cei mai ortodocși apărători ai acesteia strâng rândurile, recurgând la cele mai hiperbolice argumente pentru a-și apăra „dogmele" fundamentale și inamovibile, și anume: lumea este guvernată de legi fizice și chimice imuabile pe care le cunoaștem deja și, prin urmare, le stăpânim, iar viața este produsul unor schimbări aleatorii guvernate de aceste legi. În epoca actuală, Știința, bazată pe „aceste criterii, a devenit un substitut al religiei, cu caracterul său de «adevăr absolut» care, sub forma raționamentului liniar, singurul admis de gândirea raționalistă, derivă din interpretarea «obiectivă» a datelor provenite din observație și experimentare. Dar această „interpretare obiectivă" trebuie să se încadreze întotdeauna în marjele stabilite de cultura dominantă.

Această subordonare față de „normele stabilite" pare să fie cu atât mai mare cu cât se ocupă o poziție mai înaltă pe scara oficială. Ca exemple ilustrative, putem cita argumentele prezentate recent de laureatul Premiului Nobel pentru Fizică, Steven Weinberg, pentru a apăra „caracterul impersonal" al științei: „Unii filosofi și sociologi au mers prea departe și au susținut că principiile științifice sunt, în întregime sau în parte, construcții sociale, precum regulile contractului social sau regulile jocului de poker. Oamenii de știință resping, pe baza experienței lor, „constructivismul social". În continuare, acesta își expune argumentele „obiective" și „impersonale": „În vremea sa, «Principiile» lui Newton erau înțelese doar de o mână de europeni. În cele din urmă, ideea că noi și universul nostru suntem guvernați de legi precise și cunoscute s-a răspândit în întreaga lume civilizată...".

Dar „limitarea culturală" nu este doar o problemă de etnocentrism. Merituosul și prestigiosul S.J. Gould, care împreună cu N. Elredge a demonstrat existența a ceea ce ei au numit „echilibrul punctat" (adică lungi perioade de „stază" a speciilor, urmate de episoade cumulative de speciație instantanee), este obligat să precizeze, eventual pentru a nu risca să cadă în „erezie", că acest termen *instantaneu* trebuie interpretat la *scară geologică*, fără alte explicații ale fenomenului.

Poate că în acest moment nu este necesar să recurgem la condiționările sociale și culturale ale unor înțelepți precum Aristotel, aristocrat și proprietar de sclavi, pentru a justifica concepția sa ierarhică asupra regnului animal și a diferitelor popoare, sau la limitările religioase ale lui Linnaeus pentru a presupune relațiile biologice dintre maimuțe și oameni... Dar pentru noi, cei cufundați în „civilizația" de astăzi, este poate esențial să facem un exercițiu dificil de „distanțare culturală" pentru a interpreta, de exemplu, termenul „supraviețuirea celui mai potrivit" (originar de la filosoful și economistul H. Spencer, și nu de la Darwin.), ca fruct al unei perioade de maximă splendoare a expansiunii coloniale europene, sau termenul „competitivitate", atât de abundent utilizat în biologie într-un sens pozitiv sau creator, ca o consecință a modelului economic și social dominant (utilizarea sa științifică merge de la calificarea favorabilă a echipelor de cercetare „competitive" până la descrierea fenomenelor de reglementare ca „o competiție între histone și factorii de transcripție"). Ca să nu mai vorbim de interesele economice uriașe din spatele celor mai „avansate" linii de cercetare.

Dar, din punct de vedere strict intelectual, speculațiile la care conduce obligația de a nu depăși marjele admisibile din punct de vedere științific (cultural) duc uneori la situații care ar fi comice dacă nu ar fi jucate de autorități academice recunoscute: interpretarea filogenetică a lui *Archaeopteryx*, „talismanul" gradualist al paleontologilor, în ciuda caracterului său evident de „mozaic evolutiv", este atât de dificilă și de controversată din punctul de vedere al teoriei sintetice, încât a fost organizat un congres pentru a discuta cum să o încadreze în modelul evolutiv ortodox. Concluzia rezultată în urma dezbaterilor este că „criteriul esențial pentru validitatea argumentului, principala sa condiție de construcție, ca să spunem așa, pare a fi congruența sa cu Teoria sintetică a evoluției". În cadrul acesteia, cele două curente apărute în rândul experților în urma confruntării argumentelor se rezumă la cel care găsește originea zborului ca rezultat al alunecării inițiale „de la

copaci la sol", versus cel care găsește că propunerea „de la sol la copaci" nu este imposibilă nici mecanic, nici energetic.

Aceste argumente, elaborate în cadrul unui model rațional impecabil, echivalează cu o discuție asupra faptului dacă caracterul evolutiv mozaicat al strămoșului nostru *Homo erectus*, definit printr-un craniu cu aspect foarte primitiv și un schelet postcranian cu trăsături cu totul moderne, răspunde activității de a alerga eroic după pradă sau activității mai puțin demne de a fugi în pas bun de eventualii prădători.

Iar aceste elucubrații cu privire la întrebări care pot fi încadrate în ceea ce s-ar numi „științe fundamentale" - adică neaplicate - nu pot fi considerate, în mod evident, rodul unei atitudini părtinitoare sau interesate. Ele sunt pur și simplu eforturi oneste de a rezolva o problemă științifică dintr-o perspectivă delimitată de scheme de gândire acceptate și ortodoxe.

Rezultatele celor mai recente cercetări neurologice sugerează că este foarte dificil să se schimbe „modul de gândire învățat". Până de curând, se credea că rețelele neuronale erau imuabile încă de la formarea lor, însă studiile experimentale asupra rețelelor neuronale de nevertebrate și datele indirecte privind activitatea electrică a celulelor creierului uman au demonstrat existența unor modificări ale proprietăților electrice ale neuronilor care pot, ca urmare a utilizării lor, să sporească sau să reprime excitabilitatea diferitelor circuite neuronale. Acest fenomen, care este doar un indiciu al posibilităților ascunse în funcționarea - încă, în cea mai mare parte - misterioasă a sistemului cerebral uman, ar putea explica diferențele drastice care apar în modul în care diferite persoane analizează sau „prelucrează" aceleași date în funcție de experiențele (sau formarea) lor anterioare, diferențele care au condus la căutarea unei „componente genetice" în diferite comportamente sexuale sau în credințele sau culturile care își manifestă în prezent pozițiile ireconciliabile în întreaga lume.

Transferând „acest fenomen în cadrul academic, există și "consecința neurologică surprinzătoare, dar frecventă, a supraspecificării științifice, care, într-un bun număr de cazuri, conduce la indivizi cu performanțe cerebrale strălucite în tratarea informațiilor din domeniul lor de studiu, dar cu o ariditate dezolantă în alte aspecte mai comune.

Și, mai general, formarea academică, care se transmite în cadrul unor canoane conceptuale foarte stricte, și care este adesea primită cu un necriticism necritic, conduce foarte adesea la ceea ce s-ar putea numi un „fundamentalism științific", în sensul că par a exista anumite adevăruri sau legi incontestabile a căror inamovibilitate (chiar dacă au multe aspecte discutabile) nu poate fi acceptată decât ca urmare a unei „revelații".

Desigur, din punct de vedere opus, ipoteza originii „extraterestre" a microorganismelor inițiale poate fi, de asemenea, calificată în acest fel: această alternativă la dogma apariției vieții pe Pământ ca rezultat al unui proces chimic aleatoriu are un punct extrem de slab pentru o mentalitate care pretinde că explică totul (sau că totul este explicabil) prin „legile imuabile și cognoscibile" pe care ea însăși le-a ridicat. Dacă materia organică a venit pe Pământ cu mesajul său de viață, unde a fost produsă prima dată?

Trebuie să recunoaștem că nu știm totul. Dar și din necunoscute se pot trage concluzii. Dacă viața este inerentă Universului (deși nu îi putem explica originea) și se propagă prin el, concepția noastră despre ambele trebuie să fie reînnoită. Poate că ele fac parte dintr-un fenomen care, pentru moment, scapă capacităților noastre științifice și tehnice, care sunt, în cele din urmă, rezultatul schemei noastre de gândire.

Se pare că a sosit momentul în care poate fi convenabil să nu mai încercăm să conectăm, într-un mod forțat și adesea contradictoriu, datele care se acumulează în cadrul unei scheme care s-a dovedit a fi insuficientă (ceva de genul agățării de haine și mai multe haine pe un raft mic). Dacă acumularea de informații este inevitabilă, la fel trebuie să fie și căutarea unui model mai larg, nu doar ca dimensiune (un cuier mai mare), ci și ca formă.

Un exemplu al acestei schimbări a „modelului de gândire" în sfera științifică este dat de fizică cu mecanica sa cuantică, care a perturbat un concept aparent „solid" pentru cultura noastră, cum ar fi materia: realizarea faptului că electronul este, alternativ și în același timp, particulă și undă într-un mod complementar, astfel încât esența sa, la un moment dat, nu poate fi descrisă decât

în termeni de probabilitate, a redus mecanica newtoniană „imuabilă” la un aspect parțial (cel mai accesibil simțurilor, dar nu cel mai adevărat) al „legilor” fizice, deoarece „corpurile solide” astfel constituite sunt, de asemenea, înconjurate de electroni, și toate acestea în interacțiune. O interacțiune care, în cele din urmă, conectează întregul Univers.

Aceste realizări științifice conduc la concepte atât de greu de analizat de către modelele noastre raționale, cum ar fi faptul că prezența observatorului distorsionează rezultatele observației (adică nu aparatul sau tehnica utilizată, care au cu siguranță o mare legătură cu „rezultatele” în biologie, ci „observatorul însuși” ca entitate fizică). Sau că electronii interacționează și influențează la distanță (chiar și la mare distanță) alți electroni cu al căror „spin” se află în rezonanță (ceea ce ar putea fi o modalitate de a explica interacțiunile „chimice” inexplicabile ADN-proteine).

Poate că o astfel de schimbare dificilă și tulburătoare este necesară în biologie pentru a presupune că Selecția naturală este doar un aspect parțial (cel mai vizibil) al unui fenomen mai larg și mai complex. Dar, în dinamica actuală a cercetării biologice, este clar că aceasta nu este o sarcină pentru directorii „feroce” ai tinerelor „echipe competitive”.... Mai degrabă, ar fi rezultatul sedimentării cunoștințelor și experienței și al maturității oamenilor de știință care nu simt sau au depășit nevoia de a rămâne în „competiție” și care își pot permite să își petreacă timpul extrăgând, din toată această acumulare de date, pe cele care au un conținut care permite crearea unui nou model (un nou suport) care face posibilă unificarea coerentă a noilor descoperiri.

Pe scurt, ar fi vorba de a reveni la metoda „gânditorilor” clasici ai culturii noastre, care, cu mult mai puține date, dar cu mai multă capacitate (sau, cel puțin, timp) de reflecție - care, în alte culturi la fel de respectabile, este metoda fundamentală de acces la cunoaștere - au adus contribuții care, deși au dezvăluit ulterior lacune sau concepții greșite, au creat bazele fundamentale pentru progresul adevăratei cunoașteri științifice.

Aceasta ar fi o sarcină care ar trebui să înceapă prin reabilitarea memoriei marilor gânditori, de la Aristotel la Cuvier, trecând prin Linnaeus, Buffon, firește Lamarck... și chiar Darwin.

ANEXĂ

Gestația particulară a acestei cărți (care, evident, nu a fost o gestație „la termen”), a făcut ca datele privind expresia directă a virusurilor endogene, care pot fi considerate „cea mai solidă dovadă” în sprijinul ipotezei centrale, să ajungă la mine, datorită lui Carlos Sentís, în luna iunie, când probele de tipar fuseseră deja finalizate, și, prin urmare, au fost adăugate în grabă la text.

Deși din punct de vedere ortodox, furnizarea de dovezi empirice este singura metodologie acceptată pentru susținerea unei ipoteze, din perspectiva mea (nu știu dacă foarte personală), aceasta nu este absolut esențială, dacă absența ei este compensată de un „exercițiu mental” de interrelaționare a datelor provenite din diferite domenii, adică dacă se încearcă elaborarea unei sinteze (sau a unui model) și extragerea „factorului comun” din informația globală.

În orice caz, în ultimele luni au început să apară publicații care dau impresia că „ceva se mișcă” (sau va începe să se miște) în domeniul biologiei. Carlos Sentís, Juan Carlos Stockert și Losé Luis Viejo mi-au trimis articole și cărți în care, deși majoritatea nu pun la îndoială ideile ortodoxe despre evoluție, oferă date care pot fi reinterpretate ca un sprijin consistent pentru teza acestei cărți.

Deoarece este prea târziu pentru a le include în text, voi cita doar titlurile, lăsând conținutul la libera interpretare a cititorului:

Cărți:

Daniel C. Dennett
Darwins Dangerous Idea. Evolution and the Meanings of Life
Simon & Schuster
New York-Londra-Toronto-Sidney, (1995)

Cristian de Duve
Vital Dust. Life as a Cosmic Imperative
Basic Books (Harper Collins)
New York (1995)

Eva Jablonka și Marion J. Lamb
Epigenetic Inheritance and Evolution. The Lamarckian Dimension
Oxford University Press (1995)

Articole:

John F. McDonald
«Transposable elements: possible catalysts ot organismic evolution»
Trends in Ecology and Evolution, 10: 123-126 (1995)

Rubinstein, D.C. et al .
«Microsatelite evolution: evidence for directionality and variation in rate between species»
Nature Genetics, 10: 337-343 (1995)

Jackson, J.B.C.
«Constancy and Change of Life in the Sea»
Phil. Trans. R. Soc. Lond, 334: 55-60 (1994)

Benton, M.J,
”Diversification and Extinción in the History of Life»

Science, 268. 5207 (1995)

P.J W. Venables, S.M. Brookes, D. Griffiths, R.A. Weiss, M.J. Boyd
«Abundance of an endogenous retroviral envelope protein in placental trophoblasts suggests a biological function»
Virology, 211: 2 (20/8/1995)

Desigur, mă simt obligat moral să citez și alte publicații recente care susțin punctul de vedere opus: numărul 376 al revistei *Nature*, datat 17 august, conține două articole care se încadrează în cea mai strictă ortodoxie. În „*Evolving Darwinism*" (J.F.Y. Brookfield), sunt prezentate argumente precum următoarele: „[...] Într-un sens mai fundamental, întrebarea dacă majoritatea modificărilor secvențelor ADN în evoluție sunt selectate sau neutre prezintă un interes intrinsec redus". (Ei bine, darwinismul evoluează, este aproape neutralism). În „*RNA seeks its maker*", Joseph A. Piccirilli afirmă: „[...] Proprietățile catalitice și informaționale ale ARN, împreună cu importanța ARN și a cofactorilor ARN în formele de viață existente, indică puternic existența unei lumi ARN". Deși nu a fost intenția mea să le comentez, nu am putut evita tentația, deoarece aceste argumente, publicate de o revistă științifică atât de prestigioasă, îmi calmează îngrijorarea cu privire la posibila inconsecvență a unora dintre argumentele prezentate în această carte.

Cu siguranță există publicații mai recente într-o direcție sau alta, dar ele nu mi se par esențiale pentru a completa textul. Și, mai ales, pentru că aș putea risca ca angajații tipografiei să pună stăpânire puternică pe intrarea în tipografie pentru a mă împiedica să ajung cu noi foi volante.

În cele din urmă, aș dori să folosesc acest apendice pentru a-mi cere scuze față de colegii care ar putea fi răniți de unele dintre expresiile mele - poate uneori excesiv de sarcastice. Nu este intenția mea să lupt împotriva oamenilor, ci (cel mult) împotriva ideilor. În orice caz, îmi asum responsabilitatea.

Cantoblanco, 15 septembrie 1995

